

Série a n°99

N° D'ORDRE

119

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PAR

M. Aimé AZAM

1^{re} THÈSE. — Contribution à l'étude des Limons de la Basse-Normandie.

2^{me} THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 10 *9 br* 1922, devant la Commission d'examen.

MM. L. GENTIL. . . *Président.*

FERNBACH . . . } *Examineurs.*
R. DONGIER. . . }



PARIS

LIBRAIRIE DELAGRAVE

15, RUE SOUFFLOT, 15



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551420_0041

10 gbr

Scin a. N° 94

N° D'ORDRE

119

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PAR

M. Aimé AZAM

1^{re} THÈSE. — Contribution à l'étude des Limons de la Basse-Normandie.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le *10 juil* 1922, devant la Commission d'examen.

MM. L. GENTIL. . . *Président.*

FERNBACH . . . } *Examineurs.*
R. DONGIER. . . }



PARIS
LIBRAIRIE DELAGRAVE

15, RUE SOUFFLOT, 15

1922

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen. MOLLIARD, *Professeur.* Physiologie végétale.

Doyen honoraire. P. APPELL.

Professeurs honoraires. { P. PUISEUX.
VÉLAIN.
BOUSSINESQ.
BOUTY.

<i>Professeurs.</i>	{	E. PICARD.	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.
		G. BONNIER	Botanique.
		KÖNIGS.	Mécanique physique et expérimentale.
		GOUSAT.	Calcul différentiel et calcul intégral.
		HALLER.	Chimie organique.
		JOANNIS	Chimie (Enseignement P. C. N.).
		JANET.	Electrotechnique générale.
		WALLERANT. . . .	Minéralogie.
		ANDOYER.	Astronomie.
		PAINLEVÉ	Mécanique analytique et Mécanique céleste.
		HAUG	Géologie.
		H. LE CHATELIER.	Chimie générale.
		GABR. BERTRAND.	Chimie biologique.
		M ^{me} P. CURIE . . .	Physique générale et radioactivité.
		CAULLERY	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
		C. CHABRIÉ	Chimie appliquée.
		G. URBAIN	Chimie minérale.
		ÉMILE BOREL . . .	Calcul des probabilités et Physique mathém.
		MARCHIS	Aviation.
		JEAN PERRIN . . .	Chimie physique.
		G. PRUVOT	Anatomie et physiologie comparée.
		ABRAHAM.	Physique.
		CARTAN.	Mécanique rationnelle.
		CL. GUICHARD . .	Géométrie supérieure.
		LAPICQUE.	Physiologie.
		GENTIL	Géographie physique.
		VESSIOT.	Théorie des groupes et calcul des variations.
		COTTON.	Physique générale.
		DRACH.	Application de l'analyse à la géométrie.
		C. FABRY	Physique.
		CHARLES PEREZ . .	Zoologie.
		LÉON BERTRAND .	Géologie appliquée et géologie régionale.
		DANGEARD	Botanique (Enseignement P. C. N.).
		LESPIEAU.	Théories chimiques.
		LEDUC	Physique théorique et physique céleste.
		MONTEL.	Mathématiques générales.
MAURAIN	Physique du globe.		
		HÉROUARD.	Zoologie.
		RÉMY PERRIER . .	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
		SAGNAC.	Physique théorique et physique céleste.
		RABAUD.	Biologie expérimentale.
		PORTIER.	Physiologie.
		BLAISE	Chimie organique.
		PÉCHARD.	Chimie (Enseignement P. C. N.).
		AUGER.	Chimie analytique.
		M. GUICHARD. . .	Chimie minérale.
		GUILLET.	Physique.

Secrétaire. DANIEL TOMBECK.

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

A MON PÈRE

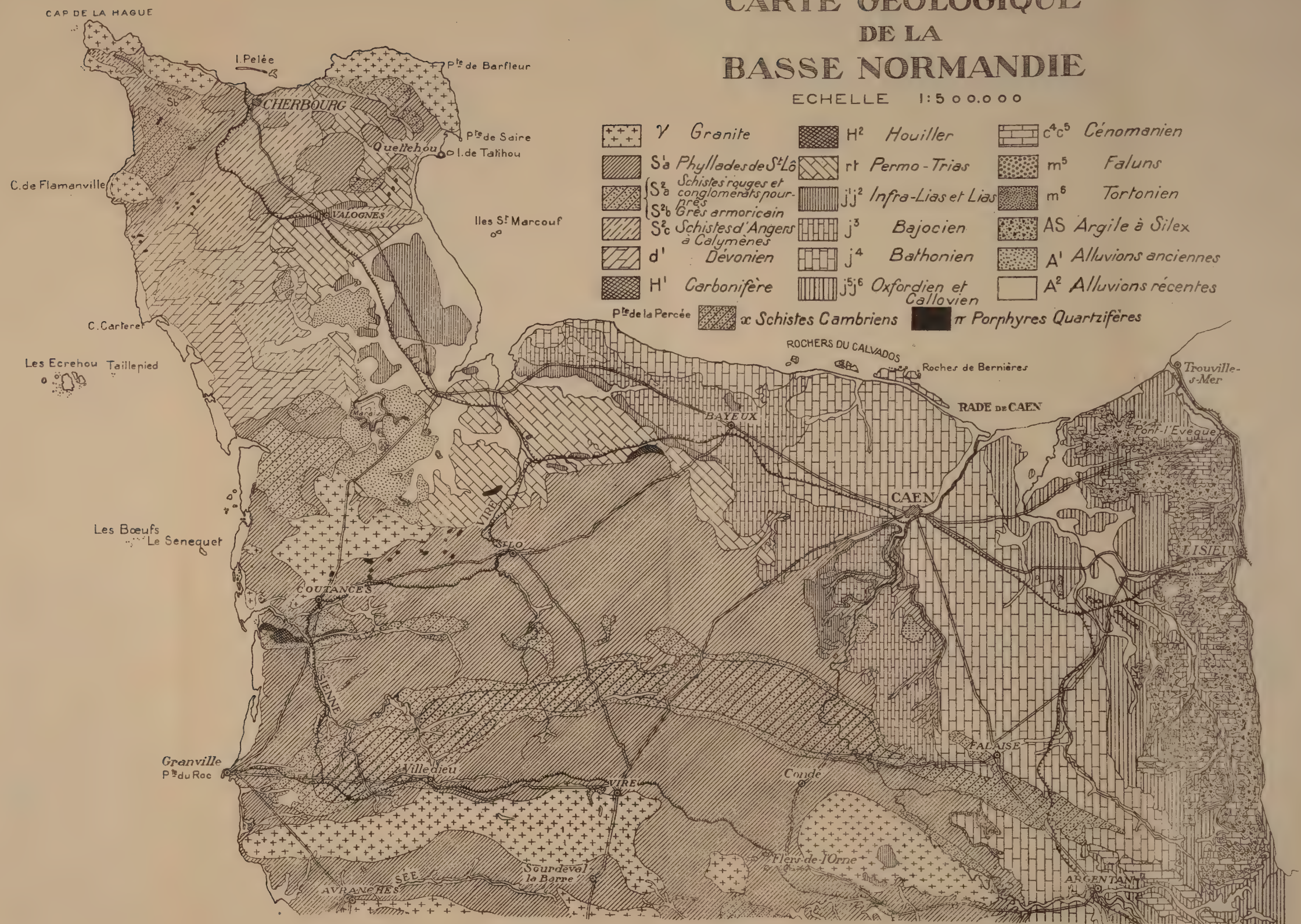
Témoignage d'affection et de gratitude.

A MON MAITRE M. LOUIS GENTIL

*Hommage de profonde reconnaissance
et de respectueux dévouement.*

CARTE GEOLOGIQUE DE LA BASSE NORMANDIE

ECHELLE 1:500.000

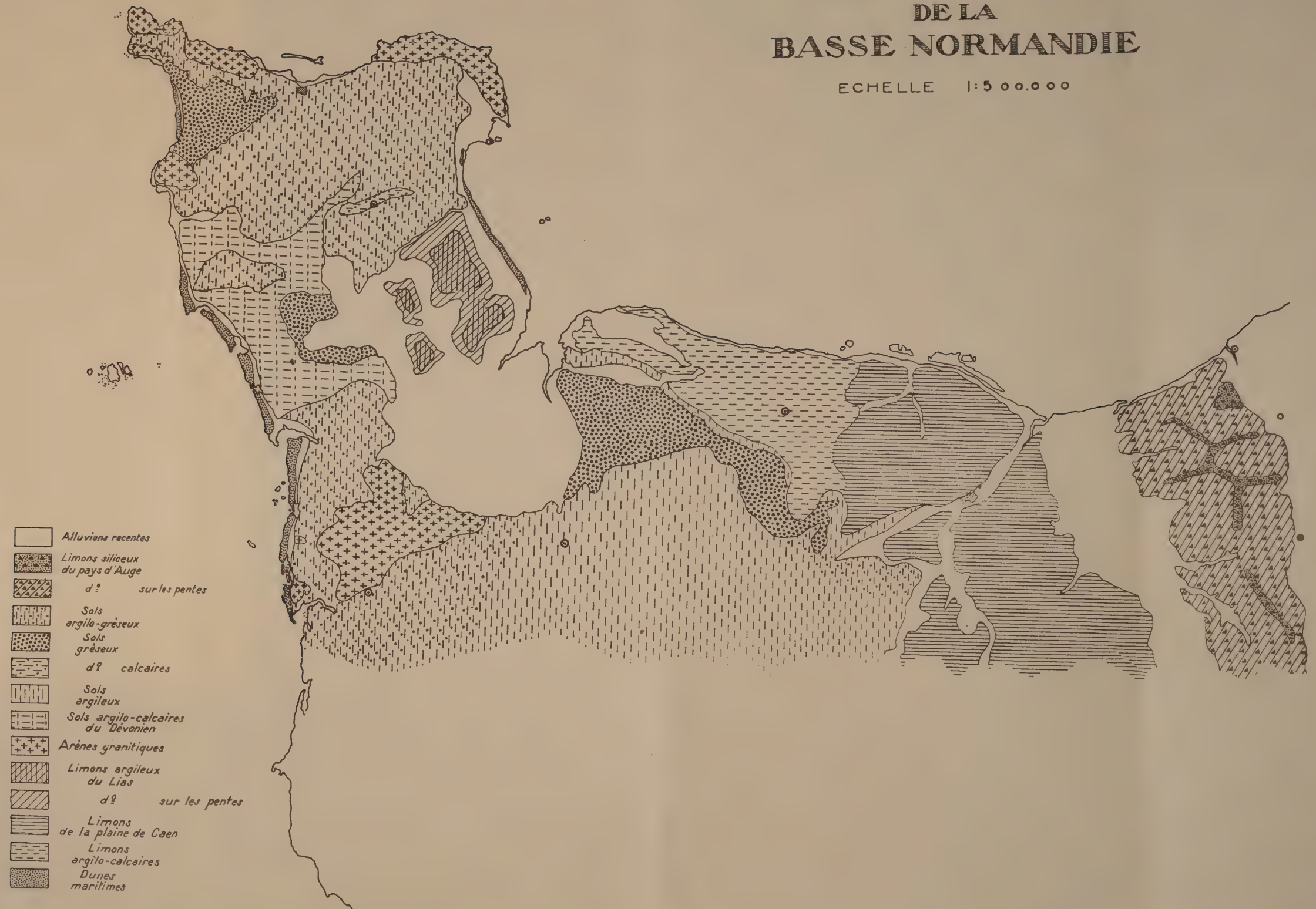


Les limons des plateaux n'ont pas été figurés.

dessinée par H. Wagner

CARTE DES SOLS DE LA BASSE NORMANDIE

ECHELLE 1:500.000



dessinée par H. Wagner

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES LIMONS
DE
LA BASSE-NORMANDIE

AVANT-PROPOS

Ce travail a été fait dans le laboratoire de Géographie physique de la Faculté des sciences sous la direction et les encouragements de mon maître, M. L. GENTIL, me suivant pas à pas dans mes recherches, me guidant de toute son expérience dans la période si mal connue du Quaternaire. Je me fais un devoir, au terme de mes recherches, de lui apporter l'hommage de ma sincère et respectueuse admiration.

Je dois aussi beaucoup à mon maître M. BIGOT, professeur de géologie et doyen de la Faculté des sciences de Caen, qui a guidé mes travaux sur le terrain avec son inépuisable bienveillance et sa grande autorité. Sa haute compétence, son esprit critique ont été pour moi d'un précieux secours.

Je ne manquerai pas de remercier M. L. CAYEUX, professeur au Collège de France et à l'École des Mines, qui a bien voulu m'initier aux méthodes de recherches micrographiques qu'il a été le premier en France à appliquer à l'étude des terrains sédimentaires.

Je ne saurais oublier dans mon tribut de reconnaissance M. le professeur AGAFONOFF, de l'Université de Tauride, qui m'a fait profiter de sa grande expérience acquise depuis de longues années par l'examen approfondi des sols russes.

En terminant, je suis heureux d'évoquer l'esprit scientifique qui anime

le laboratoire de Géographie physique. Par les échanges constants d'idées, par la franche camaraderie de son maître et de ses dévoués collaborateurs, MM. LUTAUD, BOURCART, il s'établit entre les différents membres un lien moral qui fait du laboratoire une grande famille. Grâce à cette atmosphère de labeur et de sympathie, le découragement ne peut se faire sentir et les travaux les plus arides et les plus monotones paraissent attrayants.

A tous mes camarades, à tous ceux qui m'ont aidé dans ma tâche, encore une fois, merci.

INTRODUCTION

L'étude des limons de la Basse-Normandie n'est que le début d'une série de recherches que j'ai l'intention d'étendre à d'autres régions, en particulier au nord de la France¹.

Les phénomènes quaternaires ont donné lieu à de multiples discussions, et on est forcé de reconnaître que, pour s'imposer, aucune théorie n'a encore recueilli un nombre assez grand de suffrages. Étant donné l'état actuel de nos connaissances, il ne peut en être autrement. Dans ces conditions, il ne faut pas s'étonner si les tentatives d'explications aboutissent à des résultats surprenants, sinon contradictoires. Ainsi, l'excentricité de l'orbite terrestre, la précession des équinoxes, les taches solaires, permettent à des astronomes comme M. J. CROLL² de faire remonter à plus de deux cent mille ans la date de la dernière glaciation. De pareils chiffres sont en opposition avec les faits qui sont à la portée de nos sens.

En effet, les géologues américains WINCHELL, ANDREWS et GILBERT³ sont unanimes à admettre une durée de sept à dix mille ans pour l'ouverture des lits des cours d'eau actuels dans le drift de la dernière glaciation.

A leur tour, MM. de GEER⁴ et RAMSAY⁵, raisonnant sur les oscillations du massif scandinave, prévoient une durée de la période post-glaciaire inférieure à dix mille ans.

1. Je me propose de reprendre par la méthode micrographique la classification des terrains quaternaires de LADRIÈRE (J.), *le Terrain quaternaire du nord de la France* : *An. S. S. N.*, 1879.

2. J. CROLL, *Climate and Time*, 1875.

3. GILBERT (S.-K.), *Recent earth movements in the Great lakes région* : *U. S. Geol. Surv. An. Rep.*, XXIII, 1898, p. 595-647; — *Niagara Falls and their history*; — *Nat. G. M.*, 1^{er} juillet 1895.

4. De GEER (G.), *Zeit d. G.*, XXXVII, 1885, — *Om Skandnaviens geografiska utveckling after existinden* : *Sveriges Geol. Undersökning Stockholm*, 1896.

5. RAMSAY (W.), *Ueber die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit* : *Fennia* XVI, 1898; *Physical geology*, 1878.

Cette dernière opinion est en harmonie avec les recherches des préhistoriens. Ceux-ci, en effet, estiment qu'il est impossible que le nombre formidable de millénaires prévu par les théories cosmiques ait été nécessaire pour l'évolution de l'industrie humaine.

Ces divergences dans les résultats s'expliquent par la tendance que nous avons à concevoir des théories à travers le miroir grossissant de notre formation d'esprit ou de nos observations antérieures. L'astronome, dans ses calculs, perd le sens des réalités; seules l'observation sur le terrain même, la comparaison des différents phénomènes, leur relativité dans le temps et dans l'espace, peuvent nous permettre d'interpréter le mécanisme des forces dont notre globe est le siège.

Parmi les dépôts quaternaires qui recouvrent une partie du sol de la France, les plus importants au point de vue de leur extension et de leur utilisation agronomique et industrielle sont constitués par des formations auxquelles on donne tantôt le nom de lœss, tantôt celui de limon des plateaux. Une grande incertitude règne au sujet de leur processus de formation, et à cet égard les hypothèses sont nombreuses. Tout d'abord, on doit citer la théorie diluvienne, dont le plus ardent défenseur fut le regretté A. DE LAPPARENT.

« Il est à remarquer, en effet, que dans le bassin de Paris la distribution du limon des plateaux semble en rapport étroit avec l'ancienne extension des dépôts argilo-sableux à grain fin de l'époque tertiaire. Ainsi le limon, absent de la forêt d'Orléans, répandu en couches extrêmement minces sur la Beauce, est sensiblement plus épais dans la Normandie orientale, jadis recouverte par les sables suessoniens. Il l'est davantage en Picardie, où s'étendaient autrefois non seulement les sables à lignites, mais la glauconie inférieure du Thanétien. On ne le trouve pas sur la Champagne Pouilleuse, que le bassin tertiaire n'avait pas atteinte, mais il en existe des traces sur la Champagne Rémoise, au voisinage des témoins éocènes tels que le mont Berru. Enfin le limon possède sa plus grande épaisseur, qui est d'une quinzaine de mètres, dans la contrée située entre Saint-Quentin et la Flandre d'un côté, le Hainaut de l'autre, c'est-à-dire sur le parcours de l'ancien détroit par lequel la mer, qui déposait en Belgique les sables fins argileux de l'Eocène et de l'Oligocène, communiquait avec le bassin de Paris. De cette manière, il est permis de penser que, dans le bassin qui nous occupe, le limon des plateaux est le résidu impalpable de la destruction par les agents atmosphériques, des sables fins des périodes Éocène et

Oligocène. Ce résidu sans cesse remanié depuis la fin de l'époque aquitanienne, c'est-à-dire depuis l'assèchement du lac de Beauce, aurait reçu sa forme définitive lors des grandes pluies de l'époque pléistocène¹. »

La théorie diluvienne paraît confirmée par de nombreuses observations régionales. Les limons du nord, par exemple, contiennent des gros grains de quartz, de glauconie et de brookite provenant des sables éocènes de la région de Lens, où ils ont été reconnus et décrits par M. CAYEUX². De même en Bretagne, M. CH. BARROIS³, établissant une relation topographique des limons avec l'ancienne vallée fluviale de la Manche, montra que les différents sols résultaient à la fois de la désagrégation des roches cristallines et du remaniement de lambeaux tertiaires bretons.

L'observation des phénomènes glaciaires dans les régions polaires et sibériennes a été le point de départ d'une autre théorie dite fluvioglaciale. L'erratique du nord ou *boulder-clay*, au moment du dégel, est transporté à la mer par étapes successives. Il est formé de boues argileuses, de galets et de graviers plus ou moins anguleux. Le dépôt par sédimentation de ces derniers éléments donne naissance à des limons présentant une grande analogie avec les terrains quaternaires⁴.

Tout en faisant jouer aux glaciers un rôle prépondérant, M. RUTOT⁵ admet l'existence d'un immense lac d'eau douce qui recouvrait le nord de la France et la Belgique. Ce lac, alimenté par de grands fleuves (Rhin-Meuse-Escaut-Somme-Seine), se serait formé par suite de la fonte saisonnière des neiges du Morvan et des Vosges venant buter contre le front de la calotte glaciaire. Selon cette théorie, les limons se seraient déposés périodiquement dans des eaux tranquilles.

Les hypothèses que nous venons d'énumérer permettent de comprendre l'alternance des limons et des dépôts argileux ou sableux nettement stratifiés. Cependant ces diverses théories n'expliquent pas l'origine des dépôts reposant sur les plateaux élevés de la Hague ou du

1. A. de LAPPARENT. — 1885. *Sur l'origine du limon des plateaux* : C. R. Ac. Sc., C, 20 avril 1885, p. 1085-1097. — 1885. *Note sur le limon des plateaux du bassin de Paris* : B. S. G. F., 1884-1885, p. 456-461.

2. CAYEUX (L.). — 1891. *Composition minéralogique des sables glauconieux landéniens du nord de la France* : Ann. S. G. Nord, XIX, 181, p. 264-265.

3. BARROIS (Ch.). *Sur l'extension du limon quaternaire en Bretagne* : extrait des Annales de la S. G. N. F., XXVI.

4. SOERGEL (W.), *Lösse, Eiszeitein und paläolithische Kulturen, Eine Gliederung und Altersbestimmung der Lössse*, Jéna, 1919, in-8°.

5. RUTOT, *Glaciations et Humanité*.

sud de la France. Il faudrait supposer de grandes oscillations du niveau des mers ou des extensions glaciaires bien difficiles à concevoir.

Une dernière hypothèse attribuée au vent le principal rôle dans la formation et le transport des éléments constituant les sols. C'est la théorie éolienne, illustrée particulièrement par les travaux de F. DE RICHTHOFEN¹ et de ses élèves. Cette théorie a déjà soulevé de nombreuses critiques, et on peut s'étonner qu'aucun ouvrage n'ait signalé des accumulations de lœss épousant les formes caractéristiques des dunes ou des barkhanes. Il faut donc admettre qu'un remaniement ultérieur a profondément modifié les dépôts primitifs².

En définitive, les explications données par les géologues, quelque contraires qu'elles soient entre elles, sont toutes fondées sur des faits positifs incontestables. Ce qui rend la solution du problème si compliquée, c'est que les faits sont choisis et interprétés de manière à se prêter le mieux à l'explication des difficultés dont le théoricien a été particulièrement frappé. Il paraît difficile d'attribuer à une cause unique la formation des sols; il semble que les divers phénomènes se soient combinés, ayant chacun selon les endroits une importance locale plus ou moins grande. Le géologue doit faire cette discrimination. C'est le but que j'ai cherché à atteindre dans cet ouvrage.

Pensant résoudre ces difficultés, M. H. DOUVILLÉ³ a développé une théorie ingénieuse qui permet de comprendre le processus de formation des limons qui occupent à l'heure actuelle une situation culminante. A cet effet, M. H. DOUVILLÉ admet que le limon est un dépôt d'inondation qui s'est produit à la fin de l'époque glaciaire au moment de la fusion des neiges, quand les glaces remplissaient encore les vallées. Dans cette théorie, il faut admettre la présence de glaciers en Basse-Normandie.

1. RICHTHOFEN (Fr. von), *China, Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien*, Berlin, 1877.

2. DOUVILLÉ (H.), dans une communication à l'Académie des sciences, octobre 1910, sur la formation du limon des plateaux, fait de la façon suivante la critique de la théorie éolienne :

« Les observations faites dans nos pays, aussi bien que dans les régions désertiques comme le Sahara, montrent que l'action du vent sur les éléments meubles du sol aboutit à une préparation mécanique bien plus parfaite que celle qui est produite par les eaux animées d'une faible vitesse : elle arrive à séparer complètement le sable de l'argile et produit généralement des dunes de sable pur. En outre, ces dépôts s'effectuent lentement et ils sont constitués par des lits minces à stratification oblique ou entre-croisée; or, aucun de ces caractères ne se retrouve dans les limons. On peut ajouter que les dépôts éoliens forment des collines souvent assez élevées et en saillie sur les plaines ou sur les plateaux. Enfin la théorie éolienne n'explique pas la présence si constante du cailloutis de base. »

3. DOUVILLÉ (H.), *Sur la Formation des limons des plateaux* : C. R. Ac. Sc., t. CLI, p. 630 (Séance du 10 octobre 1910).

M. CH. VÉLAIN¹, professeur honoraire à la Faculté des sciences de l'université de Paris, est de cet avis quand il écrit : « Le Cotentin était couvert, lors de la période quaternaire, de glaciers locaux qui devaient occuper les vallées dont le littoral porte encore aujourd'hui les traces et qui envoyaient jusqu'en Angleterre des glaces flottantes transportant des blocs de granit. »

A la suite des travaux de M. CH. VÉLAIN, M. J. SKRODZKI² a décrit des terrasses fluvio-glaciaires, et des grès liasiques erratiques aux environs de Bayeux.

Toutes ces hypothèses sont difficilement conciliables avec l'observation des faits. « L'hypothèse glaciaire ne nous paraît pas soutenable, bien qu'à l'époque pléistocène la température de la région ait été assez froide... Nulle part on n'observe dans l'intérieur les formes topographiques caractéristiques de l'érosion glaciaire : nulle part on ne rencontre les surfaces moutonnées et les stries caractéristiques sur les parois rocheuses des anciens lits où elles auraient été préservées par les placages d'alluvions³. »

Il semble beaucoup plus logique d'admettre que les blocs erratiques de MM. CH. VÉLAIN, J. SKRODZKI ont été transportés par des glaces flottantes venant du Nord.

« Dans la région du Nord, la mer envahit largement le continent ; la Manche se forme, isolant les Iles Britanniques. La mer du Nord fit même une sérieuse incursion en Belgique, attendu qu'elle submergea près de la moitié de notre territoire ; nous savons aussi que les glaçons venant du Nord s'échouèrent sur le littoral limbourgeois où, en fondant, ils abandonnèrent des blocs erratiques de roches cristallines provenant vraisemblablement de l'Écosse⁴. »

L'existence de glaciers et de fjords en Basse-Normandie est une conception de l'esprit qui ne résiste pas à l'observation des formes du terrain. Dans ces conditions, la théorie de M. H. DOUVILLÉ me paraît difficilement applicable.

En Russie, où l'étude des sols avait avant la guerre une grande importance pour le choix des cultures à y appliquer, de nombreux savants ont

1. CH. VÉLAIN, *Note sur l'existence d'une rangée de blocs erratiques sur la côte normande*, 1886. — (*B. S. G. F.*, 3^e S.; t. XIV, p. 569-575.)

2. J. SKRODZKI, *Quaternaire et Tertiaire des environs de Bayeux*, *B. S. G. Normandie*, 1899.

3. BIGOT (A.), *Notes pour l'histoire physique de la vallée de l'Orne* : I) *Les anciennes Terrasses de Feuguierolles*, p. 169.

4. RUTOT, *Glaciations et Humanité*.

créé une science spéciale à laquelle on donne le nom de *Pédologie*¹.

Le but de cette science est de montrer dans quelles conditions et suivant quelles lois les sols se forment en fonction du sous-sol d'une part, du climat, des agents de l'érosion et de l'accumulation d'autre part. Dans un lumineux article publié dans la *Revue générale des sciences*, M. HAUG définit ainsi l'objet de la *pédologie* : « Il ne suffit pas à l'agronome de s'assimiler quelques notions générales de géologie, souvent très vagues ; il doit se familiariser avec les résultats de l'étude des sols, car le choix des méthodes de culture qui conviennent à un terrain déterminé dépend essentiellement des caractères physiques et chimiques du sol. La connaissance approfondie de ces caractères est devenue une science indépendante, à laquelle on donne le nom de *pédologie*, tandis que le terme d'*agrogéologie* doit être plutôt réservé à l'application de la pédologie à l'agriculture. En France, l'étude des sols a été surtout l'œuvre des chimistes éminents, généralement peu accoutumés à l'emploi du microscope polarisant ; en Allemagne, par contre, l'étude pétrographique des sols a servi de base à l'établissement des cartes agrogéologiques extrêmement détail-

1. DOKOUTCHAEFF et GLINKA ont employé pour désigner cette science le terme de « potchdoviédié », mot à mot : science des sols, qui correspond à la traduction courante dans les pays de langue anglaise. *Soils science*. Le terme de *pédologie* proposé comme traduction a l'inconvénient de provenir du terme homérique πέδον, le sol, dont les dérivés peuvent en français créer une fâcheuse confusion avec ceux de παις, passés dans la langue usuelle comme pédagogie. Dans ce travail je me servirai uniquement de l'expression « science des sols ».

Cette science a trouvé des directions nouvelles dans les travaux du P. DOKOUTCHAEFF (1846-1903) ; ce savant considère le sol comme un corps naturel. Ce corps change, se décompose et se reforme sous l'influence du milieu ambiant. La science des sols a pour but de trouver la loi de tous ces changements. DOKOUTCHAEFF a créé une classification naturelle des types de sols de Russie (sols châtaîns, tchernozioms, podzols, etc.) fondée sur l'étude de toutes leurs propriétés physiques, chimiques, biologiques et de l'histoire de leur genèse. — Cet illustre savant a précisé que les différents types de sols de la Russie d'Europe occupent de vastes étendues géographiques et diffèrent nettement les uns des autres par leur composition chimique, leurs propriétés physiques et leur structure. — Les élèves de DOKOUTCHAEFF, M. SIBIRTZEFF, puis C. GLINKA, étendirent la théorie de zonalité basée sur le climat aux sols du monde entier en publiant une classification générale.

Les travaux des pédologues russes de l'école de DOKOUTCHAEFF ont été utiles scientifiquement ; mais ils ont fourni une base pour l'évaluation rationnelle des terres dans le but d'une juste et équitable imposition. Avant la révolution presque toutes les municipalités des départements russes avaient posé à la base du cadastre l'étude pédologique des sols.

Le gouvernement russe avait donné à DOKOUTCHAEFF et à ses élèves des sommes importantes et avait mis à leur disposition de nombreux terrains pour leur permettre de poursuivre leurs études scientifiques et pratiques (agriculture, silviculture). Sous l'influence des brillants résultats obtenus, le gouvernement russe créa vers 1890 des chaires de *pédologie* dans toutes les Ecoles d'Agronomie supérieure. Les travaux fondamentaux du PROF. V. DOKOUTCHAEFF et de ses élèves sont : *Tchernozioms de la Russie*, 1883 ; — *Matériaux pour le cadastre des sols du département de Nijni-Nowgorod*, XIV volumes et cartes pédologiques, 1882-86 ; — *Matériaux pour le cadastre des sols du département de Poltava*, XV volumes et cartes pédologiques, 1890-94 ; — *Les steppes russes autrefois et aujourd'hui*, 2 cartes, 1892 ; — *Carte des sols de la Russie d'Europe*, 6 feuilles, 1902.

PROF. N. SIBIRTZEFF, *Etude des sols de la Russie*, 1897 ; — *La Science des sols (I-III)*, 1898-99.

lées publiées dans ce pays. Mais c'est aux États-Unis (HILGARD)¹, en Hongrie (TREITZ), en Roumanie (MURGOCI) et surtout en Russie (DOKOUT-CHAIÉFF, SIBIRTSEFF, GLINKA, etc.) que la *pédologie* a réalisé ses principaux progrès par l'introduction du facteur climatique, d'où dépendent en première ligne les formations végétales.

Le savant russe H. GLINKA² a résumé dans deux ouvrages didactiques publiés l'un en russe, l'autre en allemand (1914), les principes de la pédologie et leur application à l'étude des sols de la Russie d'Europe et d'Asie.

Des conférences internationales agrogéologiques ont réuni, dans une fructueuse collaboration, les pédologues du monde entier. La France, malgré l'appui des pouvoirs publics, n'y a peut-être pas apporté de contributions suffisamment importantes³.

Mon maître M. L. GENTIL a pensé que ce genre d'études était inséparable de la géographie physique générale. Il a été ainsi amené à outiller son laboratoire pour pouvoir effectuer des recherches sur les sols. J'ai été assez heureux de pouvoir bénéficier de cette organisation encore à ses débuts, mais dont le développement va chaque jour en s'accroissant.

Pour effectuer ce travail j'ai mis à contribution différents procédés connus à ce jour :

- a) L'observation directe sur le terrain ;
- b) La récolte méthodique des échantillons ;
- c) L'étude de leur position stratigraphique et leur extension ;
- d) En laboratoire, j'ai fait l'examen micrographique, microchimique⁴ et l'analyse chimique globale des échantillons prélevés.

Ayant exposé les idées directrices de cet ouvrage, il reste à situer la région que j'étudie.

La Basse-Normandie n'est pas une région naturelle. Son nom n'a qu'une signification vague. Sa constitution physique fut le point de départ de la nature des premiers groupements humains. De bonne heure, sur

1. HILGARD (E.-W.). — *Soils*, New-York, 1906. — *Die Boden arider und humider Länder : Intern. Mitt. f. Bodenkunde*.

2. K. GLINKA, *Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung*, 1 vol. in-8°, 365 p., 65 fig., carte, Berlin, 1914.

3. E. HAUG, *Les Disciplines de la Géologie*. Extrait de la *Revue générale des sciences*, n° des 28 février, p. 100-101, 30 mars et 30 avril 1921, G. Doin, éditeur.

4. L. CAYEUX, *Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires*. *Mém. Soc. géol. Nord*, IV, 1897.

région doit à ses aïeux le lourd héritage de gloire légué par ses ancêtres.

Le manque d'unité géographique, la diversité d'aspects exigent une définition précise du terme de Basse-Normandie. Je comprendrai dans cette région les verts pâturages et les maisons enfouies dans la verdure du pays d'Auge, les plaines calcaires des campagnes de Falaise et de Caen, les sols argileux et fertiles du Bessin, les terrains accidentés des massifs qui forment le Cotentin et le Bocage normand. La richesse du terroir a enraciné chez le paysan bas-normand un besoin de bien-être et de bonne chère dont se détache plus aisément l'habitant déshérité des landes et des maigres herbages.

« Ces restes de châteaux, d'abbayes, ces églises aux fins clochers, ces maisons basses qui laissent monter à travers les hêtraies la fumée blanche de leur cheminée, doivent leur opulence ordonnée à la richesse du sol. Dans cette vision d'ensemble, le présent se lie sans effort au passé¹. »

Connaissant les limites de la Basse-Normandie, il me reste à esquisser le plan de ce travail. Tout d'abord, je décrirai les divisions naturelles et l'aspect des différents « pays » en insistant sur la composition géologique du sous-sol et sur les sols qui les recouvrent. J'examinerai ensuite la composition minéralogique et chimique de ces différents limons en essayant de mettre en lumière leur origine, ainsi que l'influence des forces de la nature qui ont contribué à leur formation.

De la comparaison des différentes observations locales, je me garderai de tirer des lois qui auraient la prétention d'exposer la genèse des terrains quaternaires. Mon unique but est de dégager de faits positifs indiscutables une hypothèse sur la nature et l'origine des limons d'une région bien déterminée : LA BASSE-NORMANDIE.

1. VIDAL DE LA BLACHE, *La France*, 1908, p. 169.

BIBLIOGRAPHIE

GÉOLOGIE ET GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

- Azam (A.).** — Sur la constitution et l'origine des limons de la plaine de Caen appelés *Rougeaut et Fauvet*. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXXV, p. 315 (séance du 7 août 1922).
- Barré (O.).** — L'architecture du sol de la France. Paris, 1903.
- Barrois (Ch.).** — Sur l'extension du limon quaternaire en Bretagne. — Extr. des *Ann. de la S. G. N. F.*, XXVI.
- Bigot (A.).** — Notice sur la Normandie. *Livret-Guide pour les excursions du Congrès géologique international*. Paris, 1900, fasc. IX.
- Sur les dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie : *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. CXX, p. 380, 1896.
- Notes pour servir à l'histoire physique de la vallée de l'Orne : I. Les anciennes terrasses de Feuguerolles (Calvados), *Bull. Soc. Amis Sc. nat. Rouen*, t. XV, 1902, p. 156-173. — II. Tracés anciens et actuels de l'Orne : *C. R. Congrès Soc. sav.*, Paris, 1902, p. 1-12.
- Sur l'assèchement des régions calcaires du Calvados : *Congrès A. F. A. S. Angers*, 1903, p. 185-201.
- *Compte rendu des excursions faites par la Soc. géologique de France en Basse Normandie* du 2 au 9 août 1904.
- Le Massif ancien de la Basse-Normandie et sa bordure : *B. S. G. F.*, 4^e série, t. IV, 1904, p. 861-953.
- Topographie et géologie du Calvados, Caen et le Calvados, volume publié à l'occasion du Congrès *A. F. A. S.*, Caen, 1894, p. 1-54.
- Géologie de la presqu'île du Cotentin, in-8°, p. 26, 1905, Cherbourg et le Cotentin (volume publié à l'occasion du Congrès de l'*A. F. A. S.*), Cherbourg, 1905.
- La Basse-Normandie : *Revue de Géographie annuelle*, t. VII, 1913, 82 pages.
- La vallée de l'Orne aux environs de Caen. — Extrait des *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes* en 1898. Sc.
- Blavier (M.).** — Etudes géognostiques du département de l'Orne.
- Briquet (A.).** — Les formes du relief en Normandie. — Extrait du *Compte rendu du Congrès national des Sociétés françaises de géographie*, 1911; Roubaix, 30^e session.
- Caumont (A. de).** — Essai sur la topographie géognostique du Calvados : *Mém. Soc. Linn. Calvados*, t. IV, 1828, p. 56-306, avec atlas.

- Cayeux (L.).** — Composition minéralogique des sables glauconieux landéniens du nord de la France : *Ann. S. S. Nord*, XIX, 1891, p. 264-265.
- Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires : *Mém. S. S. Nord*, IV, n° 2, 589 pages, 10 pl., Lille, 1897.
- Sur la craie grise du nord de la France. *Ann. Soc. géol. Nord*, XVII, 1890, p. 105.
- Les Minerais de fer oolithique de France, fasc. I : Minerais de fer primaires. Paris, Imprimerie nationale, 1909.
- Etudes des gîtes minéraux de la France. Structure et origine des grès du Tertiaire, Paris. Paris, Imprimerie nationale, 1906.
- Croll (J.).** — Climate and time, 1875.
- Dalimier (P.).** — Stratigraphie des terrains primaires dans la presqu'île du Cotentin. *Thèse, Paris*, 1861.
- Deslongchamps (Eug.-Eudes).** — Etudes sur les étages jurassiques inférieurs de la Normandie. *Mém. Soc. Linn. Normandie*, t. XIV, 1865, p. 1-296.
- Douvillé (H.).** — Sur la formation des limons des plateaux *C. R. Ac. Sc.*, t. CLI, p. 630 (Séance du 10 octobre 1910).
- Sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier : *B. S. G. F.*, 1879-1880, pp. 439-474.
- Douvillé (R.).** — Sur la coupe du Jurassique moyen de la plage de Villers-sur-Mer (Calvados) : *B. S. G. F.*, IV, 1904, pp. 106-112, pl. II.
- Geer (G. de).** — Om Skandnaviens geografiska ut vec kling after existiden *Sveriges geol. undersökung*, Série C, n° 161, Stockholm, 1896, 160 p., atlas.
- Gilbert (G.-K.).** — Recent earth movements in the great lakes region : *U. S. Geol. Surv. An Rep.*, XXIII, 2, 1898, pp. 595-647.
- *Niagara falls and their history* : *Nat. Geol. monographies*, 1-7, 1895.
- Girard (J.).** — L'évolution comparée des sables, Paris, 1903.
- Haug (E.).** — Traité de géologie, Paris, A. Colin, 1907-1911.
- Les Disciplines de la géologie. — Extrait de la *Revue générale des sciences*, nos des 28 février, 30 mars et 30 avril 1921. G. Doin, éditeur.
- Ladrière (J.).** — Le terrain quaternaire du Nord : *Ann. S. S. Nord*, VII, 1879, p. 11.
- Lapparent (A. de).** — Sur l'origine du limon des plateaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. C, 20 avril 1885, pp. 1085-1097.
- Note sur le limon des plateaux du bassin de Paris : *B. S. G. F.*, 1884-1885, pp. 456-461.
- Traité de géologie, 5^e édit. Paris, Masson, 3 vol. in-8°.
- Magneville (de).** — Mémoire sur les terrains de transport qu'on trouve dans les terrains du Calvados. *Recueil des Mém. Soc. Linn. Normandie*, tome III.
- Michel-Lévy (Auguste).** — Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général, 1893 : *B. S. de la carte géol. de France*.
- Noé (de la) et de Margerie.** — Programme d'une étude sur le tracé des cours d'eau de la France dans ses rapports avec les conditions géologiques. *Bulletin des Services de la carte géologique de France*, avril 1904, p. 131-154.
- Ramsay (W.).** — Ueber die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit : *Fennia*, XVI, 1898, 151 p.

- Raspail (J.).** — Contribution à l'étude de la falaise jurassique de Villers-sur-Mer (*Feuille des Jeunes nat.*, IV, 1901, p. 125-126, 145-149, 169-172, 193-198).
- Richthofen (Fr. von).** — China, *Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien*, Berlin, 1877.
- Rinne (F.).** — Etude pratique des roches, 1912.
- Rutot.** — Glaciations et Humanité.
- Sœrgel (W.).** — Löss, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Eine Gliederung und Altersbestimmung der Löss. Iena, 1919, in-8°.
- Skrodski (J.).** — Quaternaire et Tertiaire des environs de Bayeux : *B. S. G. Normandie*, 1899.
- Vélain (Ch.).** — Note sur l'existence d'une rangée de blocs erratiques sur la côte normande, 1896 : *B. S. S. F.*, 3^e s., t. XIV, 569-575.
- Vieillard (E.-F.) et Dollfus (G.-F.).** — Etude géologique sur les terrains crétacés et tertiaires du Cotentin. Caen, 1875.

SCIENCE DES SOLS. — AGRONOMIE

- Bobierre (A.).** — Etudes chimiques sur la végétation des landes de Bretagne : *Mém. Soc. Agr. de France*, 1876.
- Dokoutchaieff (V.).** — Tchernozioms de la Russie, 1883.
- Les matériaux pour le cadastre des sols du département de Nijni-Novgorod, 14 volumes et cartes pédologiques, 1882-1886.
- Les matériaux pour le cadastre des sols du département de Poltava, 15 volumes et cartes pédologiques, 1890-1894.
- Les steppes russes autrefois et aujourd'hui, 2 cartes, 1892.
- La carte des sols de la Russie d'Europe, 6 feuilles, 1902.
- Glinka (K.).** — Die Typen der Bodenbildung, ihre klassifikation und geographische Verbreitung, 1 vol. in-8°, 365 p., 65 fig., carte, Berlin, 1914.
- Hilgard (E.-W.).** — Soils. New-York, 1906.
- Die Boden arider und humider länder. *Intern. M. H. f. Badenkunde*.
- Homme (J.), Canel (C.) et Langlois (G.).** — Œuvre A. Loutreuil. I. Canton de Sées (Orne). — Géologie. — Agronomie. — Notice sur la carte agronomique établie sur l'initiative de M. A. Loutreuil et de Hommey. Partie géologique par J. Hommey et C. Canel, partie agronomique par G. Langlois. Paris, 1901, in-8°.
- Leclère.** — Etude chimique du granite de Flamanville : *Bull. Serv. Cart. géol. France*, n° 113, 1906, avec carte au 1/25000.
- Lechartier (G.).** — De l'Analyse du sol par les plantes : *C. R.*, CXXI, 1895; II, p. 866.
- Des terres arables du canton de Redon au point de vue de l'acide phosphorique : *C. R.*, CXXX, 1900.
- Pierre (I.).** — Etude sur les engrais de mer de Basse-Normandie, Manche et Calvados : *Mém. Soc. Linn. Normandie*, t. IX, 1853, p. 26-93.
- Risler.** — Géologie agricole. — Cours d'agriculture comparée. Berger-Levrault et C^{ie}, 1884.
- Sibirtzeff (N.).** — Etude des sols de la Russie, 1897.
- La Science des sols, I-III, 1898-1899.

ANTHROPOLOGIE ET PRÉHISTOIRE

- Bigot (A.).** — Récentes découvertes d'objets préhistoriques aux environs de Caen, 1886.
- Sur le Quaternaire des environs de Caen : *Bull. Soc. Norm. d'ét. préhist.*, t. III, 1894, pp. 58-64.
- Boule (M.).** — Les Hommes fossiles. — Éléments de Paléontologie humaine, 1921.
- Collignon (Dr.).** — Anthropologie du Calvados et de la région environnante, Caen, 1894.
- Deslongchamps (J.-A. Eudes).** — Mémoire sur de nombreux ossements de mammifères fossiles de la période géologique dite diluvienne trouvés aux environs de Caen. *Mém. S. L. Normandie*, 1860-1861, XII^e vol.
- Deslongchamps (Eugène Eudes).** — Notes sur les stations préhistoriques trouvées aux environs de Falaise (Calvados) par M. Costard : *Mém. des Antiq. de Norm.*, t. XXIX, 1877, p. 197.
- Hamy (E.-T.).** — Notes pour servir à l'Anthropologie préhistorique de la Basse-Normandie. Le crâne du pont de Vaucelles : *Bull. Soc. Anthr.*, Paris, Hennuyer, 1879.
- Bulletin de la Société normande d'Etudes préhistoriques**, Louviers, in-8°. — Calvados, t. II, p. 65 à 145, 1895; — Orne, t. III, p. 37 à 100, 1896; — Manche, t. III, p. 101 à 169, 1896.

DESCRIPTIONS RÉGIONALES

- Ardouin-Dumazet.** — Voyage en France, 6^e série, Cotentin, Basse-Normandie. Paris, 1896.
- Félice (R. de).** — La Basse-Normandie. Hachette et C^{ie}, Paris, 1907, in-8°.
- Guéneau (G.).** — La Plaine de Caen, *Mém. Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale*, Paris, 1900, in-4°.
- Lapparent (A. de).** — La Géologie en chemin de fer. Description géologique du Bassin de Paris et des régions adjacentes. Paris, 1889, petit in-8°.
- Musset (R.).** — Le Bas-Maine. Librairie A. Colin, 1917, in-8°.
- Reclus (O.).** — La France à vol d'oiseau. E. Flammarion, 2 vol.
- Vidal de la Blache.** — Tableau géographique de la France, la Normandie, ch. VIII. *Hist. de France* d'E. Lavisse, t. I, Paris, Hachette, 1903.
- Normandie, Calvados, Cotentin, Bessin, pays d'Auge, Orne**, in *Dictionnaire géographique de France* de P. Joanne et *Grande Encyclopédie*.

OUVRAGES DIVERS

- Chèvremont.** — Les Mouvements du sol sur les côtes occidentales de la France et particulièrement dans le golfe normand-breton. Paris, 1882, in-8°.
- Guillaume de Saint-Pair.** — Roman du Mont Saint-Michel. Ed. Francisque Michel, Caen, 1856, in-8°.
- Potiche (Vicomte de).** — La Baie du Mont Saint-Michel et ses approches. Avranches, 1891, in-8°.

Maistre Wace. — Chronique ascendante des ducs de Normandie (*Geste des Normands* ou *Roman de Rou*, édit. H. Andersen-Heilbronn, 2 vol., 1877-1879, in-12.

CARTES A CONSULTER

Cartes géologiques de France au 80.000^e, feuilles n° 16, les Pieux; n° 17, Cherbourg; n° 28, Saint-Lô; n° 29, Caen; n° 44, Falaise.

Cartes topographiques. — C. de France au 1/200.000, feuille de Caen, Saint-Lô, Cherbourg (N.-O. et S.-O.), Les Pieux (N.-E.), Barneville (N.-E.).

— 1/80.000, feuilles de Caen, Saint-Lô, Cherbourg (N.-O. et S.-O.), Les Pieux (N.-E.), Barneville (N.-E.).

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

ASPECT GÉNÉRAL ET DIVISIONS NATURELLES DE LA BASSE-NORMANDIE
CONSTITUTION GÉOLOGIQUE. — DIFFÉRENTS SOLS

Le sous-sol de la Basse-Normandie est formé de terrains anciens que recouvrent par endroits des sédiments jurassiques et crétacés. L'opposition est très nette entre l'architecture plissée du Bocage, du Cotentin et la structure tabulaire des campagnes.

Il est intéressant d'observer que, dans chaque unité régionale, les campagnards furent les premiers à distinguer les divisions locales. Vivant au milieu de la nature, ils étaient mieux à même que le citadin de percevoir les plus légères variations du paysage, les moindres différences de fertilité des terres. Depuis la période la plus reculée, le paysan bas-normand semble frappé par le contraste existant entre les régions plissées du Bocage et les monotones ondulations des campagnes. Dès le neuvième siècle, le poète du *Roman du Rou* différenciait :

li paisant e li vilain
cil des boschage et cil des plain¹.

A la fin du dix-huitième siècle les progrès des sciences naturelles, de la géologie en particulier, ont permis de justifier scientifiquement ces distinctions. Dans cette étude, je conserverai la division en plaines et bocages employée jadis par le vieux chroniqueur Wace.

1. WACE, *Chronique ascendante des ducs de Normandie* (*Geste des Normanz au Roman de Rou*), édit Andersen-Heilbronn, 2 vol., 1877-1879, in-8°, t. II, p. 404.

COUPE DE PORT-EN-BESSIN

ORIENTATION

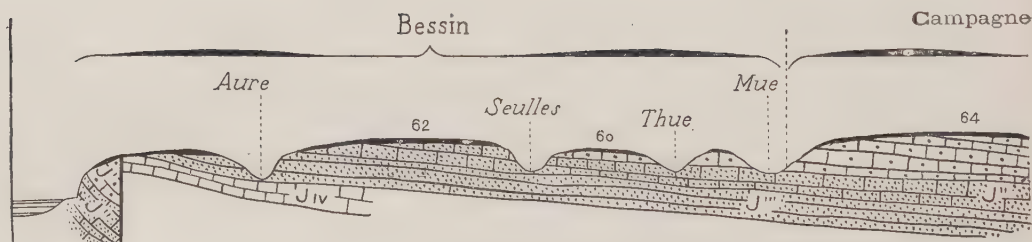


FIG. 2. — Structure et composition

AS, Argile à silex.
C⁴, Craie cénomaniennne.
J², Oxfordien.
J¹, Callovien.

I. — LES PLAINES. — TERRAINS JURASSIQUES ET CRÉTACÉS

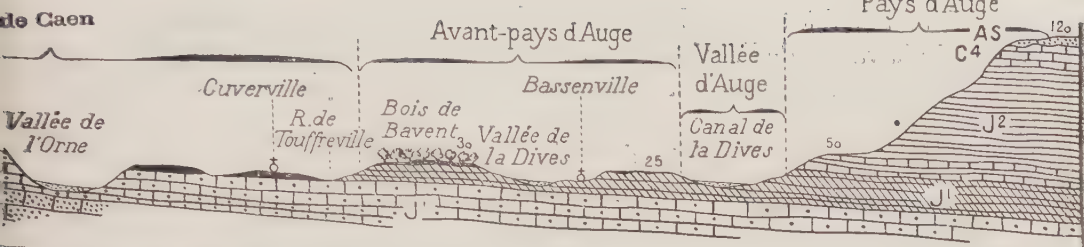
Une coupe W.N.W.-E.S.E. à travers les sédiments secondaires du département du Calvados montre que les assises d'âges différents se superposent, marquant un retrait très net vers l'est. L'épaisseur des formations jurassiques va en diminuant au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'est et deviennent de plus en plus argileuses. A l'ouest, les sédiments crétacés ont donné naissance à un plateau qui domine la plaine de Caen. La lecture de la figure 2 permet, en définitive, de distinguer trois régions d'âge, d'aspect et de structure différents : le Bessin, — la plaine de Caen, — le Pays d'Auge.

Le Bessin. — Les limites géographiques de cette région sont difficiles à tracer. Le Bessin est une vieille unité historique, colonisée par des tribus romaines de César. Bajocasses et Viducasses occupaient les terres comprises entre la Vire à l'ouest, la forêt de Censy au sud et la Seullès à l'est. Jusqu'au dixième siècle le Bessin resta isolé. Il ne fut rattaché à la Normandie qu'en 1047, à la suite de la victoire du Valès Dunes, remportée par Guillaume le Conquérant. La guerre cessant, le pays prospéra rapidement. A cette époque furent construites les abbayes, les églises dont les fins clochers et les magnifiques vitraux sont un témoignage éclatant de l'art normand du treizième et du quatorzième siècle.

Situé au point de contact du Bocage, des campagnes et des couchés

au PAYS D'AUGE

WNW-ESE



des régions naturelles du Calvados.

J¹, Bradfordien supérieur (Combrash, calcaire de Langrune et de Ranville).

J², Bradfordien inférieur (Oolithe miliaire).

J³, Vésulien (calcaire de Caen, argile de Port en Bessin).

J⁴, Bajocien (Oolithe blanche, Oolithe ferrugineuse, Mâlière).

liasiques du Cotentin, le Bessin est une région de transition. Nulle part la constitution du sous-sol n'est bien nette. Les formations argileuses dominent. On y trouve : des schistes précambriens décomposés, des argiles triasiques d'un rouge vif, des argiles et calcaires marneux du Lias, que recouvrent les alluvions du Marais.

L'étage Bajocien débute par un dépôt littoral typique comprenant à sa base un terme de passage, la mâlière. Cette roche est formée d'une série de bancs plus ou moins marneux, quelquefois sableux et même chloriteux, dont la puissance varie de 3 à 8 mètres. Des rognons siliceux noirâtres sont disséminés dans la masse. La partie supérieure de la mâlière présente une surface de contact, corrodée, percée de profondes tubulures. Dans ces tubulures, on trouve mélangés les fossiles de la mâlière à ceux du niveau supérieur, ce qui tendrait à prouver qu'il y a eu remaniement.

L'oolithe ferrugineuse est un calcaire jaunâtre qui recouvre la mâlière. Cette roche s'est déposée dans une cuvette dont Bayeux occupe aujourd'hui le centre.

L'oolithe blanche est un calcaire blanchâtre qui recouvre l'oolithe ferrugineuse.

Toutes ces roches du Bajocien, plus ou moins décalcifiées, constituent un sous-sol par endroits très argileux. Au nord et surtout à l'est du Bessin on passe insensiblement aux formations bathoniennes de la plaine de Caen (oolithe miliaire, calcaire marneux de Port-en-Bessin et calcaire de Caen [*Fuller's earth*]).

Le régime hydrographique de cette région est caractéristique. Les

rivières arrivant normalement à la mer sont déviées parallèlement au rivage. A l'endroit où se fait le changement de direction, le cours d'eau s'enfouit dans le sol à travers les fissures des bancs calcaires. En suivant par exemple la vallée de l'Aure, on peut observer ces pertes ou « fosses ». La rivière souterraine va former d'abondantes sources au pied des falaises (Port-en-Bessin).

Nature des sols. — Il existe dans le Bessin plusieurs variétés de



FIG. 3. — Limons du Bessin reposant sur les affleurements des dépôts liasiques.

limons. Je distinguerai, tout d'abord, les terrains reposant sur les affleurements des dépôts liasiques. Ce sont des sols d'alluvions anciens couverts de riches pâturages au milieu desquels passent des animaux qui s'abritent sous les arbres ou le long des talus des fossés. Les herbages sont plantés d'ormes et de frênes dont les rangées successives donnent l'impression d'une immense forêt. Au milieu de ces prairies les vallées de l'Aure et de la Vire étendent leurs boucles sinucuses pour former le *Marais*. Cette vaste plaine, sillonnée de canaux et de rivières, a comme port naturel Isigny. Cette ville sert de débouché à un beurre réputé, fabriqué aux environs de Tréguières et dans les villages de la vallée d'Aure

jusqu'à Bayeux. Pendant longtemps les paysannes refusèrent l'emploi d'écrémeuses centrifuges pour s'en tenir aux vieilles méthodes d'écémage sur les vases de terre de la poterie du Tronquay. Sous la vive impulsion d'industriels et de groupements coopératifs importants, la fabrication s'est modernisée. De même l'élevage a été perfectionné par l'introduction du *herd-book*. Grâce à cette heureuse pratique, les vaches laitières du Bessin produisent un lait riche et abondant¹.



FIG. 4. — *Herbages des environs de Bayeux sur les limons argileux recouvrant la Mâlière.*

Si nous gravissons les verdoyantes collines qui se trouvent au nord du Marais, nous arrivons dans une région rappelant par son aspect la plaine de Caen. Ces sols calcaires portent un limon analogue à celui des campagnes.

Abandonnons les plateaux du nord, et cheminons vers l'est, deux sortes de terrains se présentent à nous :

Le premier est un sol calcaire très perméable, résultant de l'altération de l'oolithe miliaire du Bathonien. Une grande quantité de silex forment de véritables couches qui alternent en certains points avec le limon. Ces

1. ARDOUIN-DUMAZET, *Voyage en France*, VI, 1896.

terres se couvrent de champs cultivés. Presque partout les haies sont supprimées pour faire place à des clôtures en bois et surtout en fil de fer. Les buttes d'oolithe miliare se dressent sur les assises bajociennes argileuses qui s'étendent jusqu'au sud de Bayeux. Ces derniers dépôts donnent naissance à un sol argileux, lourd, dur, qui résiste à la charrue. Ces terres peu perméables sont favorables à l'élevage.

Aux environs de Bayeux, les limons qui reposent sur le Bajocien proprement dit sont très fertiles. Dans cette région, les herbages sont entourés de clôtures très élevées qui abritent les animaux, l'hiver, contre le vent et la pluie; l'été, contre le soleil. Les maisons, cachées dans la verdure, sont fleuries de guirlandes de fleurs. Devant l'entrée, des parterres de crocus, d'anémones sont un témoignage de la prospérité du Bessin. Des cultures variées croissent sur ce riche terroir. A cet égard, le chroniqueur Robert Wace, dans le *Roman de Rou*, s'exprimait ainsi :

N'a puint de meillur terre, ce dient li veisin,
Là traue l'um tut bien fors pleuté sul de vin
Là vient la grant richesce du règne ultremarin
Envers icele gent sunt li nostre frarin¹.

En résumé, on peut classer de la façon suivante les différents sols du Bessin :

- 1° Les sols alluviaux du Marais ;
- 2° Les sols argileux du Bessin proprement dit ;
- 3° Les sols d'altération de l'oolithe miliare ;
- 4° Les sols bathoniens des campagnes.

Campagne de Caen. — Le nom de « Campagne » est un terme générique d'usage courant dans l'ouest, où il est synonyme de plaine.

Les divisions en *Campagne* de Caen, de Falaise, d'Argentan, d'Alençon, sont indiquées par la géographie, mais ne paraissent pas avoir eu d'individualité historique.

On désigne couramment sous le nom de campagne ou de plaine de Caen le pays limité à l'ouest par la vallée d'Auge, au nord par la mer, à l'est par le Bessin et au sud par la campagne de Falaise. Le voyageur qui vient de quitter les pâturages verts du pays d'Auge et qui arrive dans la plaine de Caen est frappé par l'uniformité du relief, par la sensation de monotonie qui s'en dégage. Aucune clôture ne sépare les parcelles

1. WACE, *Roman de Rou*, loco cit.

cultivées, c'est à peine si, de loin en loin, on distingue une haie ou quelques arbres jalonnant un chemin.

Cette région n'a pas toujours eu son aspect actuel. Sous ce climat humide, les terrains calcaires pouvaient très bien porter des haies. On retrouve, dans les archives communales, de nombreuses mentions de *closagia* au moyen âge et au seizième siècle; l'étude des chartes de l'abbaye d'Ardenne permet de conclure à l'existence de hautes haies dans la plaine de Caen. Leur disparition et leur remplacement par des clôtures en bois ou en fil de fer seraient, d'après M. SAUVAGE, la conséquence des actes de brigandage de la Chouannerie; les décrets de la Convention ordonnaient, en effet, de raser les obstacles s'opposant au passage des colonnes mobiles¹.

Au point de vue géologique, la plaine de Caen est formée de dépôts bajociens et bathoniens dont les couches inclinées de l'ouest à l'est s'enfoncent sous l'argile du pays d'Auge. Ces sédiments jurassiques reposent sur un talus de schistes et de grès précambriens fortement redressés. L'inclinaison de la surface ancienne n'est pas partout uniforme. Elle est beaucoup plus sensible dans la région comprise entre Caen et Dives. A Caen, les roches anciennes se trouvent à 39 mètres; à Dives, à 213 mètres; au Havre, à 397 mètres (fig. 5). Sur cette plate-forme primaire se sont déposés des sédiments cal-

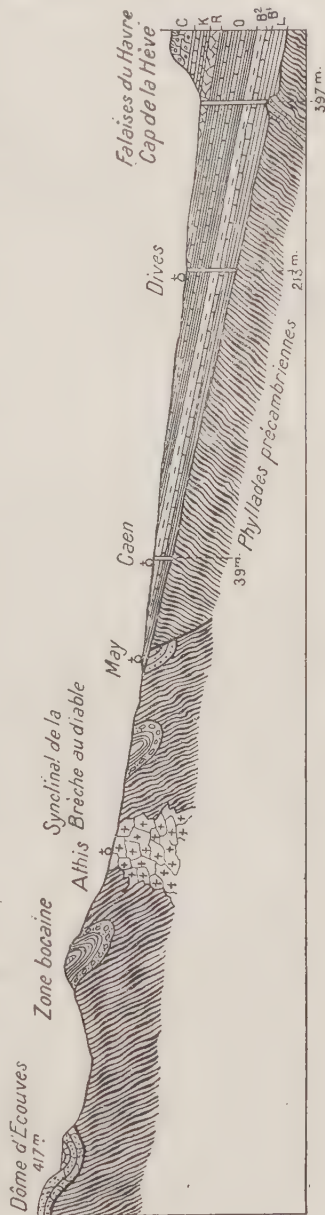


Fig. 5. — Relation des régions d'architecture tabulaire avec celles d'architecture plissée.

C. Crétacé. — K. Marnes et calcaires marneux du cap de la Hève. — R. Calc. coralligènes de Trouville et grès d'Hennequeville. — O. Marnes calloviniennes de Dives, marnes et calc. marneux oxfordiens de Villers. — B² (Bathonien), Marnes vésuliennes, Pierre de Caen, calcaires oolithiques. — B¹ (Bajocien), Calcaire à silex (Malière) et Oolithe ferrugineuse, Oolithe blanche. — L. Marnes, calc. marneux et calc. à entroques liasiques.

1. RENÉ MUSSET, *Le Bas-Maine*, Librairie A. Colin, 1917.

caires qui ont achevé de niveler les aspérités¹. La régression marine, qui s'est faite constamment vers l'est pendant tout le secondaire, explique les différences dans la composition et la puissance des dépôts.

La plaine de Caen est surtout constituée par des dépôts bathoniens, à la base desquels se trouve le calcaire de Caen. Cette roche facile à travailler, résistant à l'air, a servi pour la construction de nombreux monuments (Tour de Londres, cathédrale de Canterbury, etc.). Les sédiments puissants de la Grande oolithe reposent sur le calcaire de Caen, qu'ils recouvrent d'une épaisseur de plus de 40 mètres. La partie supérieure du Bathonien est constituée par le calcaire à Bryozoaires de Langrune, que l'on désigne souvent sous le nom de Caillasses de Ranville. A Lion-sur-Mer, on trouve une série de fossiles remaniés noyés dans des argiles : c'est le Cornbrash. Un limon d'épaisseur essentiellement variable recouvre ces grandes étendues calcaires. La nature géologique du sol exerce sur la végétation, soit physiquement, soit chimiquement, une influence remarquable. Aux terrains calcaires, en effet, appartiennent certaines plantes que l'on ne retrouve plus sur les sols anciens. L'examen de la flore d'un pays, la présence d'une association végétale, permettent de déduire son caractère géologique. L'orme est caractéristique des terrains calcaires; le chêne et le hêtre, au contraire, ne s'y trouvent presque jamais.

Parfois les limons de la campagne de Caen viennent à manquer; alors le laboureur avec sa charrue met à nu de gros blocs. « La terre devient insuffisante pour beurrer les cailloux, » disent les paysans. Ces sols recouverts d'une lande aride et sèche de *vignets* et de sapins ne forment qu'une très faible partie de la plaine de Caen. Partout ailleurs, la couche limoneuse est très épaisse et donne une terre agricole meuble, aisée à travailler, excellente par ses propriétés physiques et chimiques. La charrue n'y risque pas de se heurter aux pierres et peut tracer de larges sillons dans un terrain aplani et facile. Les épis dorés des riches moissons y alternent avec les fleurs rouges et jaunes du trèfle et du colza. La culture de cette dernière plante et la vente de l'huile qu'on en retire firent longtemps la fortune de la région. A la fin du dix-neuvième siècle, plus de trente mille hectares étaient ainsi utilisés, mais la concurrence du pétrole et de l'électricité ont ruiné cette industrie.

La plaine de Caen n'est pas seulement un pays de culture; c'est aussi un pays d'élevage : le demi-sang anglo-normand y est l'objet d'un véri-

1. BIGOT (A.), *la Basse Normandie : Revue de géographie annuelle*, p. 8.

table culte, « il est intimement lié à la vie du pays, et les coutumes de celui-ci sont si bien en conformité avec l'élevage que l'on saurait difficilement concevoir l'un sans l'autre¹. »

La constitution lithologique du sous-sol imprime à cette contrée son caractère particulier. Les fissures qui traversent les bancs calcaires empêchent le ruissellement et favorisent l'infiltration. Le niveau aquifère est profond, il est situé au-dessous de la surface topographique. Cet

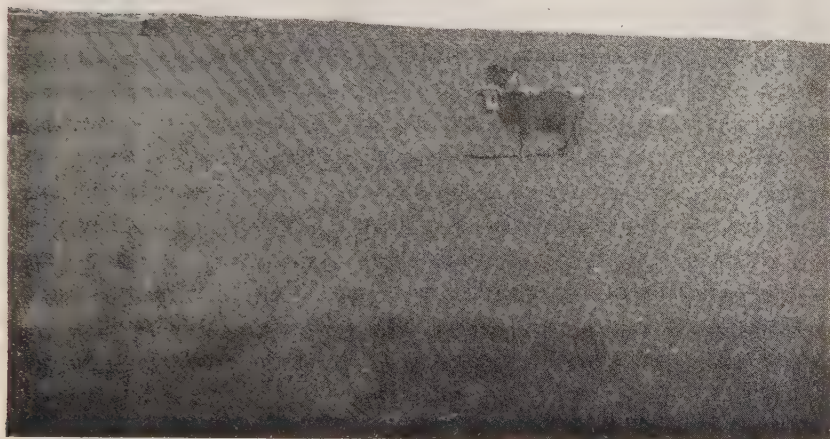


FIG. 6. — *Limons de la campagne de Caen.* (D'après A. Bigot.)

enfouissement des nappes a été déterminé par l'encaissement des grands collecteurs, en rapport eux-mêmes avec les mouvements géopositifs de la région. Les anciens cours d'eau qui sillonnaient la campagne ont disparu et leurs vallées ont été remblayées. (Voir fig. 7 et 8, p. 26 et 27.)

L'habitat suit les conditions physiques du sol; les maisons se groupent, revêtues de lierre et de plantes grimpantes, elles sont construites en bois et en terre battue, généralement le long des rivières. Cependant, de place en place, au milieu des champs nus coupés par les lignes droites

1. G. GUÉNAUX, *La Plaine de Caen : Mém. Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale, Paris, 1900, in-4°, p. 111.*

des routes, le regard est attiré par des masses sombres d'où émerge, mince et haute, la silhouette d'un clocher. L'eau est si rare sur ces plateaux qu'il faut, pour l'atteindre, creuser jusqu'à près de 60 mètres. Les paysans se serrent autour d'un puits communal, dont le forage est

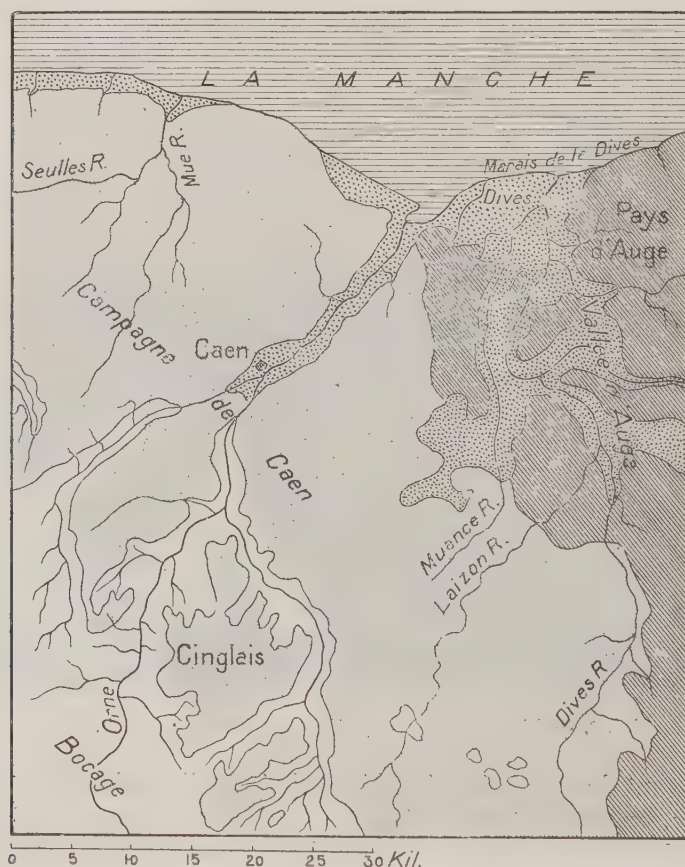


Fig. 7. — Réseau hydrographique actuel de la campagne de Caen.
(D'après A. Bigot.)

très coûteux. Une enceinte continue, faite en plaquettes de calcaire consolidées par un ciment terreux, borde les chemins qui traversent le village.

Une voie romaine coupait autrefois la route de Caen à Falaise au hameau de Cintheaux. Elle passait l'Orne à Bully et la Dives à Jort, joi-

gnant ensemble les deux villes d'Exmes et de Vieux. Les paysans ont surnommé « Chemin haussé » les vestiges de cette route.

Le sol a exercé une forte empreinte sur la population; c'est à lui que la plaine de Caen doit son opulence. Il n'est pas argileux comme celui des

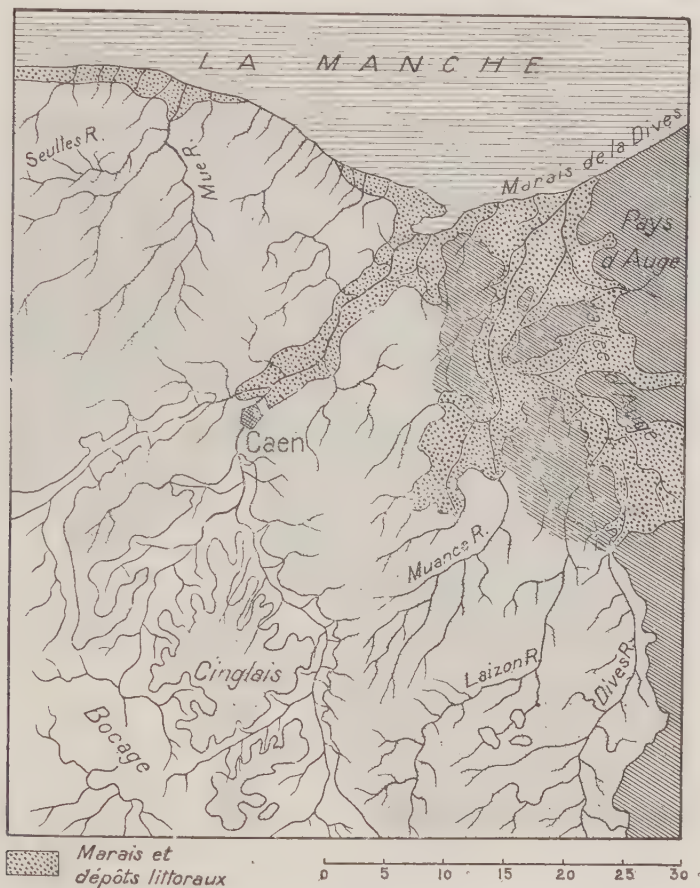


Fig. 8. — Réseau hydrographique ancien de la campagne de Caen.
(D'après A. Bigot.)

Flandres. D'une épaisseur de plusieurs mètres par endroits, il présente deux horizons nettement distincts, désignés couramment sous le nom de *Rougeaut* et de *Fauvet*. Par quel processus? sous quelles influences mécaniques et climatiques ces puissants dépôts se sont-ils formés? Proviennent-ils de la décalcification sur place des couches bathoniennes?

Résultent-ils, au contraire, d'un transport fluvial ou éolien d'éléments arrachés à une autre région ? L'étude ultérieure de ces limons permettra de nous fixer sur l'origine probable des éléments qui les composent.

Le pays d'Auge. — On désigne sous le nom de pays d'Auge la région comprise entre la Dives et la Touques, et on réserve le nom de vallée d'Auge, ou d'Avant-pays, à la vallée inférieure de la Dives et de la Vie jusqu'à hauteur de Dozulé.

Les sols de l'avant-pays d'Auge résultent de l'apport des alluvions par les cours d'eau et la décantation des particules en suspension dans les eaux marines. Au milieu de ces marais se dressent de véritables îlots, derniers vestiges de l'ancienne extension des argiles calloviennes. Les principales de ces buttes-témoins sont celles de Troarn et d'Argences, qui atteignent 70 mètres de hauteur, et plus à l'est celles, moins élevées, de Robehomme et Goustranville; différence d'altitude qui indique un déplacement vers l'est des cours d'eau au fur et à mesure de l'approfondissement de la vallée.

Le sommet des buttes est recouvert d'alluvions anciennes apportées par la Dives et ses affluents; on y trouve des galets de silex crétacé, des grès lustrés enveloppés dans une gangue argileuse. Les argiles qui constituent les buttes servent de matériaux à des tuileries et à des fabriques de poteries artistiques (Fresnes d'Argences, Mesnil de Bavent).

Le sol des marais a été une conquête récente sur la mer. On y distingue deux parties bien différentes : le haut pays et le bas pays.

Dans le haut pays, grâce à la constitution de son sous-sol argileux et à l'humidité de son ciel qui reçoit sans cesse les tièdes vapeurs de la mer, l'eau est partout abondante. C'est la région de Corbon, de Hotot, de Bléville, dont les herbages sont cités comme le type même de la fertilité. En toute saison les champs sont revêtus d'un épais tapis de verdure, et les gras pâturages ou « cours » sont clos par des ormeaux et des pommiers qui produisent un cidre renommé. Dans les environs de Corbon, selon un dicton populaire, « l'herbe y pousse le bœuf ». — « Perdez votre bâton un soir sur le pré fauché, dit un autre proverbe, vous ne le trouverez pas au matin¹. »

Dans son livre : *Voyage en France*, M. ARDOUIN-DUMAZET décrit d'une manière pittoresque le spectacle champêtre « des animaux puissants et lourds paissant dans l'herbe sans cesse renaissante. A peine les bœufs

¹ 1. ARDOUIN-DUMAZET, *Voyage en France*, 1896, p. 210.

ont-ils la force de lever leurs yeux vagues et doux qu'aussitôt ils se remettent à tondre le paturin et le trèfle blanc¹. »

Les vaches laitières, très nombreuses, donnent un lait riche en matière grasse qui sert à la fabrication de crèmes et de fromages réputés.

Les habitations sont isolées, disséminées de loin en loin dans la verdure, bâties en colombages, c'est-à-dire avec des poutrelles brunes entrecroisées, à intervalles comblés de torchis et de briques crues. Elles ont



FIG. 9. — *Limons argileux du pays d'Auge portant de riches herbages plantés de pommiers.*

toutes, modernes ou anciennes, une allure pittoresquement gaie, un air d'aisance qu'augmentent souvent des bordures de fleurs. Notes bleues ou rouges de pervenches ou de géraniums qui, avec les haies fleuries et les pommiers sans nombre, donnent à cette campagne morcelée, divisée, un aspect varié, riche, heureux, que n'ont nulle part ailleurs les immensités monotones de certaines autres contrées de la France.

Au delà de Troarn, en se dirigeant vers la mer, la vallée d'Auge n'a plus la même fertilité ; c'est le bas pays. Dans ces régions, pendant les grandes marées, la mer remonte fort loin à l'intérieur des terres, laissant déposer des vases et des sels. C'est la *crétine*. Les herbes imprégnées de

1. ARDOUIN-DUMAZET, *loco cit.*

chlorures marins deviennent insalubres, se couvrent de chardons et d'une plante nuisible, le raguet. Les animaux dépérissent rapidement, le paysan n'a qu'une ressource : déplacer son bétail, à moins de le vendre au plus proche marché. Un autre fléau, qui ravage les pâturages de ce bas pays, sont les mulots très nombreux : ils troublent la quiétude des ruminants en leur sautant au mufle et les font fuir par l'odeur musquée qui s'exhale de leur corps.

La région des marais est dominée par un haut plateau, dont le talus argileux et crayeux a été sapé par la Dives dans son déplacement vers l'est. Quand les lambeaux de craie ne sont pas recouverts par un dépôt alluvial, ils se font remarquer par leur végétation. Ils sont plantés d'arbres et de taillis qui poussent avec vigueur, principalement les frênes et les merisiers. Quand la pente est douce, le ruisellement n'enlève pas le manteau de terre, laissant ainsi ces parties fertiles. Entourés de « fossés », de superbes pommages y donnent l'impression d'un épais rideau de verdure. Les chênes et les ormes affectionnent aussi ce terrain ; ils y prennent en peu de temps un grand accroissement.

Au point de vue géologique, le plateau central est constitué à sa base par des marnes argileuses et des calcaires marneux calloviens et oxfordiens. Cette dernière assise, constituée par des marnes argileuses, est difficile à séparer du Callovien. A la suite des travaux de MM. H. DOUVILLÉ¹, R. DOUVILLÉ² et J. RASPAIL³, on distingue :

Au sommet. — Calcaires marneux avec oolithes ferrugineuses. On y trouve *Cardioceras cordatum*, *Peltoceras arduennense* ; *Gryphaea dilata*.

Au milieu. — Marnes de Villers, argiles avec intercalation de marnes gréseuses. On y trouve *Cardioceras Mariæ* d'Orb.

A la base. — Marnes de Dives (70 m.) avec *Cardioceras Lamberti*, *Peltoceras athleta*, *Oppelia villersensis* d'Orb.

Les étages calloviens et oxfordiens forment les puissantes assises qui constituent le sous-sol du pays d'Auge.

Le Séquanien, qui surmonte ces dépôts, a tantôt un facies argileux (Villerville), tantôt un facies sableux (Glos, Cordebugle). Le Kimmeridgien, très argileux, n'est pas partout représenté. Les assises jurassiques que

1. H. DOUVILLÉ, 1880. — Note sur la partie moyenne du terrain jurassique dans le Bassin de Paris et sur le terrain corallien en particulier : *B. S. S. F.*, 1879-1880, pp. 439-474.

2. R. DOUVILLÉ, Sur la coupe du Jurassique moyen de la plage de Villers-sur-Mer (Calvados). *Bull. S. géogr.*, fasc. IV, 1904, p. 106-112.

3. J. RASPAIL, Contribution à l'étude de la falaise jurassique de Villers-sur-Mer (*Feuilles des jeunes Nat.*, 1901, p. 155-126, 145-149, 169-172, 193-198).

nous venons d'énumérer sont recouvertes par un manteau très épais de craie cénomaniennne à petits grains verts (craie chloritée, craie glauconieuse avec bancs de silex)¹. Le Céno- manien paraît avoir eu une grande extension dans toute la région. On trouve, par exemple, un lambeau de craie chloritée à 350 mètres d'altitude au sommet du mont Pinçon. La présence de la glauconie indique que des dépôts se sont effectués dans



FIG. 10. — *Falaises des Vaches-Noires sous Auberville.*

Torrents miniatures découpant en éperons les argiles oxfordiennes et provoquant le recul de la corniche. Au pied de la falaise, les cônes de déjection des torrents miniatures confluent, formant une avant-falaise attaquée par la mer.

une mer profonde : au contraire, le calcaire chlorité, les sables et les grès ne seraient que des formations littorales. Si on admet cette hypothèse, la Basse-Normandie semble avoir été recouverte presque tout entière par la mer céno- manienne, dont la profondeur, à certains endroits, devait théoriquement dépasser 400 mètres. On s'explique mal qu'à l'est de la Dives il ne subsiste plus que des lambeaux isolés de ces dépôts. Il

1. BIGOT (A.), *la Basse-Normandie : Revue de géographie annuelle*, t. VII, 1913, fascicule IV, p. 36.

semblerait que ce soit à des mouvements orogéniques tertiaires¹ qu'il faudrait attribuer la grande altitude à laquelle on retrouve ces vestiges de l'extension cénomaniennne. Toutefois, en admettant cette hypothèse et en supposant que l'érosion ait complètement détruit tous les dépôts, nous devons en retrouver les éléments dans les limons des plateaux. L'étude approfondie des sols permettra de résoudre cet important problème. De même le Sénonien « se serait étendu très loin sur le Cotentin, d'où la décalcification et l'érosion l'ont fait disparaître². »

Sous l'action des eaux météoriques, la craie, à sa surface, a subi une altération profonde. Le résidu de cette dissolution est une argile rouge qui contient de nombreux silex. Cette substance est assez imperméable pour maintenir des mares sur le plateau. Une couche de limons siliceux, rendue fertile par des amendements calcaires, recouvre presque partout l'argile à silex. Dans un chapitre spécial, j'étudierai sa composition minéralogique et chimique, qui permettra de se faire une opinion sur son origine.

Constitué par des roches peu résistantes, le sous-sol du pays d'Auge est facilement la proie de l'érosion. Il suffit de regarder une carte topographique de cette région pour voir que le plateau est très disséqué vers l'ouest, où il forme une arête fortement incisée sur les bancs crayeux qui le surmontent.

A la base de la craie, au contact des argiles oxfordiennes, prennent naissance des petites sources qui ravinent les terres argileuses en faisant reculer, par sapement, la corniche crayeuse. Ce phénomène caractéristique s'observe près d'Auberville sur les falaises des « Vaches Noires³ ».

En résumé, les sols du pays d'Auge peuvent se diviser comme suit :

Avant-pays d'Auge	a) Alluvions anciennes couronnant les buttes de Troarn, Argences, Robehomme, Goustranville.	
ou		
Vallée d'Auge.	b) Alluvions récentes qui comprennent :	1° le haut pays. 2° le bas pays où le sol est plus riche en chlorures.
	a) Limon siliceux des plateaux.	
Pays d'Auge.....	b) Sols des pentes provenant de la mise à nu de la roche sous-jacente.....	1° argiles. 2° craie.

1. DESLONGCHAMPS (EUGÈNE-EUDES); *Etudes sur les étages jurassiques inférieurs de la Normandie*; Mém. Soc. Linn. Normandie, 1863-64, p. 263 et passim.

2. BIGOT (A.), *Dépôts pléistocènes actuels*; C. R. Acad. sciences, 1897, 1^{er} semestre, p. 382.

3. Voir fig. 10, p. 31.

II. — LE BOCAGE. — LE COTENTIN. TERRAINS ANCIENS

Le Bocage. — Le nom de *Bocage* n'est pas spécial à la Basse-Normandie, il est lié à la nature des roches anciennes qui constituent le sous-sol. Nous retrouverons ce terme dans les expressions *Bocage manceau*, *Bocage vendéen*.

D'une façon générale, on entend par Bocage normand la région qui s'étend de Domfront à Saint-Lô et de Granville à Thury-Harcourt.

Le paysage bocain est caractérisé par un relief ondulé et par des pâturages verdoyants qui s'opposent aux étendues sans bornes des Campagnes. Comme son nom l'indique, le Bocage a un aspect forestier, dû aux haies vives ou fossés qui limitent les parcelles de terrains. Les étroits chemins qui serpentent sont bordés de talus plantés d'arbres, et le regard peut difficilement s'étendre, arrêté sans cesse par tous ces rideaux de feuillages derrière lesquels se cachent, avec leurs murs couverts de mousse, des maisons de torchis ou de schistes.

Étude des sols. — Il existe dans le Bocage une grande variété de sols qui sont en rapport avec la constitution géologique de la région.

Dans l'ensemble, les *phyllades* dominant. En se décomposant, elles donnent une terre brune qui contraste avec le sol clair des Campagnes. L'érosion a respecté, par endroits, la couverture silurienne formée de schistes et de granites imperméables. Seuls, des grès fortement diaclasés font exception en formant des bancs qui s'intercalent presque verticalement entre des roches moins résistantes. On a alors les reliefs typiques de *sillons* et de *crêtes* sur lesquelles M. BRIQUET¹ a reconnu les restes intacts d'une ancienne surface en relation avec la plate-forme granitique primitive (forêts d'Ecouves, de Multonne, de Mortain, de Cherbourg, de la Hague).

Je distinguerai, tout d'abord, les terres qui recouvrent l'axe granitique et schisteux de l'anticlinal de Tinchebray. C'est la partie la plus élevée de la Basse-Normandie (Jurques, Mesnil-Auzouf, 364 mètres). Les granites forment des dômes surbaissés dont les retombées sont plus ou moins symétriques. Le caractère essentiel de ces terres granitiques est l'imperméabilité de l'arène quand elle existe. Au point de vue chimique, on y constate un manque d'acide phosphorique, beaucoup de potasse et

1. BRIQUET (H.), *Les formes du relief en Normandie*. — Extrait du *Compte rendu du congrès national des Soc. françaises de Géographie*, 1915.

très peu de chaux. Nous donnons ci-dessous la composition des granites de l'ouest selon M. LECHARTIER¹ :

POUR 1.000 KILOGR. DE TERRE

	Minima.	Maxima.	Moyenne.
Chaux.....	0,250	1,350	0,650
Magnésie.....	0,160	1,500	0,840
Potasse.....	2,640	4,200	3,440
Acide phosphorique.....	0,470	0,147	0,087

Il est nécessaire d'amender ces terres par le chaulage. En dehors de son action physique sur la texture des sols, la chaux agit énergiquement au point de vue chimique, en particulier sur les phosphates d'alumine et de fer complètement insolubles, qu'elle transforme en phosphate de chaux.

Les schistes précambriens donnent, par décomposition, une véritable *glaise imperméable*. Des prairies et des champs de sarrasin poussent sur ces sols, dans lesquels l'air circule mal. Ils sont entourés de bois ou plutôt de taillis où tranchent quelques conifères.

Les propriétés chimiques des schistes précambriens se rapprochent de celles des granites. Il suffit, pour s'en rendre compte, de consulter les analyses suivantes² :

POUR 1.000 KILOGR. DE SCHISTES

	Minima.	Maxima.	Moyenne.
Chaux.....	traces.	1,035	0,165
Magnésie.....	0,520	3,260	3,260
Potasse.....	0,440	7,050	7,950
Acide phosphorique.....	0,037	0,163	0,163

De part et d'autre de l'anticlinal de Tinchebray se trouvent les massifs d'Athis et d'Avranches, constitués par une zone granitique encadrée de schistes. La nature des sols et les cultures sont les mêmes que celles de la région de Tinchebray.

Les parties méridionales de l'anticlinal d'Avranches se continuent vers l'est par des terrains nettement différents mis à nu par l'érosion : c'est le *Mortainais*. Dans ce massif dominant les grès armoricains, les grès de May et les schistes à Calymènes.

Le grès armoricain, très résistant, est souvent transformé en quartzite que les eaux courantes n'attaquent que faiblement. Cette roche, peu dia-

1. LECHARTIER (G.), *De l'Analyse du sol par les plantes* : C. R., CXXI, 1895, II, p. 866; — *Des Terres arables du canton de Redon au point de vue de l'acide phosphorique*, C. R., CXXX, 1900, I, p. 1225-1229.

2. LECHARTIER, *loco cit.*

clasée, n'est pas perméable. Elle donne un sol sableux fort pauvre. Voici la composition de ces sols :

POUR 1.000 KILOGR. DE TERRE : 1° D'après M. Lechartier¹.

	Minima.	Maxima.	Moyenne.
Chaux.....	0,02	3,100	1,08
Magnésie.....	0,17	3,650	0,93
Potasse.....	0,44	7,050	2,48 à 5,15
Acide phosphorique.....	0,24	0,113	0,057

2° Selon Hommey, Canel et Langlois².

		Grès armoricain.
<i>Analyse physico-chimique.</i>	Argile.....	0,780
	Chaux.....	0,042
	Matières organiques..	5,8
	Eau retenue.....	2,200
<i>Analyse chimique.</i>	Azote.....	0,137
	Acide phosphorique ..	0,096
	Potasse.....	0,143

Les analyses montrent la pauvreté de ces sols en chaux et en acide phosphorique: ce sont des terres qui se recouvrent uniquement de forêts et de landes.

Les schistes à Calymènes sont perméables, de sorte que la terre végétale est exposée à passer par des alternatives de trop grande sécheresse et d'humidité excessive. Ils conviennent médiocrement à la culture, leur composition chimique présentant peu de différence avec celle des schistes précambriens.

Adossée à l'anticlinal d'Athis, se trouve la *cuvette de Briouze*. Dans cette région, le granite apparaît au centre d'une longue et étroite boutonnière. La mer liasique a dépouillé l'arène granitique de l'argile provenant de la décomposition des feldspaths, les grains de quartz donnant un sol gréseux infertile et perméable. Les haies disparaissent pour faire place à des bordures de blocs granitiques entourant des petits bouquets de pommiers et de chênes.

Au nord du massif d'Athis, on aperçoit une zone silurienne dominée par le mont Pinçon. Des poudingues pourprés y forment les collines dénudées de la *Bruyère de Clécy* et des *Bruyères des Gouttes*, recouvertes, comme leur nom l'indique, de bruyères avec, de place en place, des pins

1. LECHARTIER (G.), *loco cit.*

2. HOMMEY (J.), CANEL (C.) et LANGLOIS (G.), *Œuvre A. Loutreuil*. — I. Canton de Sées (Orne) : *Géologie, agronomie*. Notice sur la carte agronomique établie sur l'initiative de M. [A. Loutreuil et de M. Hommey. Partie géologique par le Dr J. Hommey et C. Canel; partie agronomique par G. Langlois. — Paris, 1901, in-8°.

isolés et rabougris. La partie basse de cette zone (région de Gavray) est constituée par des phyllades sur lesquels poussent une herbe courte, des ajoncs et des fougères. Des lambeaux gréseux recouverts de bois jettent leurs traits saillants dans le relief. Nous les trouvons au mont Pinçon (365 m.), au Signal de Brémon et aux bruyères de Jurques (361 m.).

Les hauteurs de *Roche-Taillis* et les escarpements de Houle qui dominent l'Orne supportent des grès feldspathiques.

Au nord du mont Pinçon se trouvent des phyllades qui forment de nombreuses collines arrondies, d'aspect moutonné et très vert. En allant vers l'est, le paysage change; on se rapproche de la plaine. Dans ces parages se trouvent des débris siluriens respectés par l'érosion : poulingues, schistes et grès. Au milieu de ces vestiges se remarque une terre de couleur ocre jaune qui provient de la décomposition des calcaires carbonifères.

Le long des côtes, des courants venant de l'ouest déposent des sables qui se couvrent de plantes xérophiles dont les rhizomes, longs de plusieurs mètres, courent, lorsque le vent les a déchaussés, à la surface de la dune.

En définitive, je distinguerai dans le Bocage :

Les sols reposant sur :	1. Les Phyllades.....	} Sols argileux.
	2. Les Schistes précambriens.....	
	3. Les Schistes à Calymènes.....	
	4. Les Calcaires Cambriens et Carbonifères.	} Sols argilo-calcaires.
	5. Les Granites.....	
	6. Les Grès armoricains.....	} Sols siliceux.

De tout ce que nous venons de voir, il résulte que les terrains anciens du Bocage normand sont imperméables et incomplets. Ces caractères physiques et chimiques ont profondément influé sur le mode d'habitation, sur l'agriculture et sur les industries locales.

L'eau étant partout abondante, les maisons ne se sont pas groupées autour d'un puits ou le long d'une rivière. Comme je l'ai dit brièvement au début de ce chapitre, elles sont au contraire disséminées de place en place au milieu des pâturages.

L'absence de phosphates de chaux oblige le cultivateur à semer des grains de seigle, d'orge ou de méteil. Les animaux eux-mêmes ne trouvent pas dans la nourriture les sels nécessaires à l'édification de leur squelette.

L'agriculture étant insuffisante pour le faire vivre, le paysan, de bonne heure, a suppléé aux ressources du sol par celles de la petite industrie. Pendant longtemps il dut son gagne-pain à des manufactures de drap, à

des moulins, à des tanneries. Dès le moyen âge, des fabriques de quincaillerie et de chaudronnerie s'installèrent dans la région, et au printemps on voyait fondeurs et chaudronniers ambulants s'en aller du pays bocain pour aller de ville en ville faire connaître par toute la France la valeur de leur marchandise.

Aujourd'hui encore, ces industries règnent en maîtres dans le Bocage : la quincaillerie à Tinchebray, les couverts en fer battu et métal aciéré à Sourdeval, la chaudronnerie à Villedieu-les-Poêles.

Le Cotentin. — Le nom de Cotentin (*Constantinum*, sous-entendu *agrum*) désigne la partie de la Basse-Normandie limitée au sud par l'Avranchin, à l'est par le Bocage et le Bessin, au nord et à l'ouest par la Manche. Coutances en était la capitale, et les villes principales : Cherbourg, Valognes, Carentan, Saint-Lô et Granville.

Cette région est presque exclusivement recouverte par des sédiments anciens. La partie comprise entre Valognes et l'embouchure de la Vire « forme un golfe qui a été en quelque sorte le rendez-vous de toutes les mers successives du Bassin de Paris. Tout le reste du département de la Manche est occupé par des dépôts paléozoïques, fréquemment interrompus et bouleversés par les roches éruptives¹ ».

Le plateau du Cotentin est incliné doucement vers l'est, où il s'enfonce sous le golfe de Carentan. Vers l'ouest, il est relevé et aboutit à la mer par une ligne de falaises. Cette région est en réalité la ruine d'un territoire primaire originalement bien plus étendu vers l'ouest, dont les îles Normandes sont des fragments, ainsi que les îlots et les plateaux d'écueils qui les entourent.

Divisions régionales du Cotentin. — Baignée par la Manche sur trois côtés, Est, Nord, Ouest, la péninsule du Cotentin doit son unité à la mer, mais sous ce semblant d'unité il existe une variété d'aspects qui permet de distinguer plusieurs régions.

La pointe nord-ouest du Cotentin constitue une petite presqu'île isolée de la grande par la vallée de la Divette : c'est la Hague.

La partie péninsulaire du Cotentin ne va pas jusqu'à Coutances. Cette dernière ville constitue un fragment du territoire que le général DE LA NOÉ et M. EM. DE MARGERIE² désignent sous le nom de col, territoire

1. DALIMIER (P.), *Stratigraphie des terrains primaires dans la presqu'île du Cotentin*. Paris, 1861, p. 5.

2. GÉNÉRAL DE LA NOÉ et EMM. DE MARGERIE, *Programme d'une étude sur le tracé des cours d'eau*

formé par l'axe de Saint-Sauveur, l'anticlinal de Carteret et le synclinal dévonien de Portbail. La plaine alluviale, ou Pénésme, s'insinue dans ces terrains anciens en formant une région basse ou dépression centrale du Cotentin, qui, autour de Carentan, renferme de vastes marais, prairies mouillées recouvertes d'eau pendant les mois d'hiver.

Au sud, les environs de Saint-Lô se rattachent historiquement et géologiquement au Cotentin. Cette région élevée (276 m. près de Percy, 363 m. la montagne de Guiberville) fait la transition avec le Bocage normand.

Le littoral de la péninsule du Cotentin a un développement de près de 350 kilomètres. Les petites échancrures sont bien moins nombreuses que jadis, car les alluvions y ont effacé les *flieufs* ou fjords, mot qui est resté dans la langue du pays depuis l'époque reculée des conquérants normands.

Sauvage et grandiose, la côte se termine au nord-ouest par les rochers du Nez de Jobourg, qui forme un plateau de 125 mètres de haut sur lequel des arbres nains sont tordus par les vents de la mer.

Dans cette partie si pittoresque de la France, le vieux type normand s'est conservé dans toute sa pureté. Les individus y sont grands et forts, leurs cheveux très blonds encadrent un visage adouci par des yeux bleus, clairs, caractéristiques de cette race.

La Hague. — Les limites de la Hague sont difficiles à définir. Si, dans cette région naturelle, on essaye de faire entrer toutes les communes qui ont le préfixe ou le suffixe *hague* accolé à leur nom, on risque fort de commettre des erreurs : Theurteville-Hague, par exemple, qui se trouve dans le bassin de la Divette, n'est pas située dans la petite péninsule. Certains ouvrages bornent cette presqu'île par la Hague-Dicke, talus de 6 à 7 mètres de hauteur, long de plus de 4 kilomètres, qui formait un retranchement élevé par les pirates scandinaves pour faire de tout le pays un immense camp retranché. Ce serait trop restreindre la Hague que de lui fixer une limite aussi arbitraire.

Pour donner une signification précise à ce terme de la Hague, j'aurai recours à la géologie. Cette région sera formée par l'étroite péninsule située à l'extrémité N.-W. du Cotentin et bornée au sud par l'escarpement constitué par les grès armoricains entre Cherbourg et les Pieux. Elle comprendra, administrativement, les cantons de Beaumont-Hague, et une partie de ceux d'Octeville et des Pieux.

Nature des sols. — La Hague est essentiellement constituée par un faisceau d'assises précambriennes, siluriennes et dévoniennes. Très disloquées, on y remarque, en particulier, les synclinaux siluriens de Jobourg, de Siouville et l'anticlinal qui les sépare. Les roches anciennes que l'on rencontre dans la Hague sont les grès, les phyllades et les granites.

1° *Les grès.* — a) Les grès feldspathiques du Cambrien supérieur, qui reposent sous les grès armoricains, forment plusieurs bandes. La plus importante est jalonnée par les villages de Baumont-Hague, Sainte-Croix-Hague et Jobourg. Ces grès contiennent des grains de feldspath généralement kaolinisés, accolés à des grains de quartz colorés en gris ou en gris bleuté.

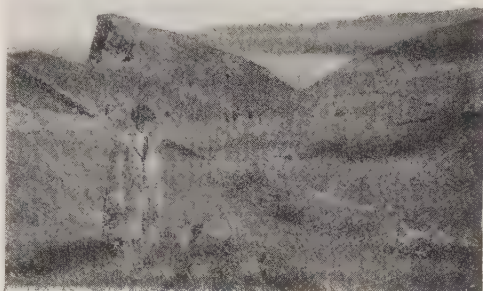


FIG. 11. — Vallée sèche entre Blette-Rompue et Côte-Soufflée à Jobourg.

Un manteau de limons peu épais surmonte cette assise. Nous étudions à part la composition de ces terres pour savoir si elles résultent de l'altération sur place des roches sous-jacentes ou bien si, au contraire, elles ont été rapportées par le ruissellement ou par le vent.

Un maigre tapis végétal recouvre ces sols, c'est la lande : quelques plantes, de petits arbustes y poussent. On y trouve, en particulier, l'ajonc (*Ulex europæus* la « bruyère jaune » (*Ulex nanus*), le genêt à balais (*Sarothamnus scoparius*), la fougère grand aigle (*Pteris aquilina*).

La terre des landes est riche en humus acide, « qui, en réduisant l'évaporation, ne laisse se développer que des végétaux xérophiles. L'humidité du climat, d'ailleurs, ne reste pas sans influence. Parmi les plantes de la lande, apparaissent quelques espèces de climat humide, tels que le *Conopodium denudatum*, le *Vaccinium myrtillus*, le *Blechnum spicant*; on les chercherait en vain dans les pays secs¹. »

La végétation spontanée qui envahit la lande, en dehors de son caractère xérophile, a, comme l'a démontré BOBIERRE², une aptitude remar-

1. MUSSET (R.), *Le Bas-Maine*, p. 176. Librairie A. Colin, 1917.

2. BOBIERRE (A.), *Etudes chimiques sur la végétation des landes de Bretagne* (Mém. Soc. Agr. de France, 1876, p. 223-234).

quable à extraire la chaux et l'acide phosphorique de sols qui en sont médiocrement pourvus. La végétation actuelle s'est développée après le défrichement, car les régions qui portent des landes étaient autrefois couvertes de forêts. Ce ne sont d'ailleurs pas des mauvaises terres. On peut aisément les transformer par des amendements appropriés, en particulier par le chaulage. Il est curieux de noter au passage que la « bruyère jaune » ne se développe que sur des bonnes terres.

b) Les grès armoricains de l'Ordovicien inférieur forment une ceinture discontinue autour des landes de Jobourg et de Beaumont. Ces roches dures constituent la ligne de relief de la bande sud du synclinal de Siouville.

Divers lambeaux gréseux portant des bois se rencontrent dans cette région, en particulier aux environs de Riglon (cote 140), d'Helleville et au sud du massif de Flamanville, où ces grès constituent le sous-sol depuis le bourg des Pieux jusqu'à l'anse de Sciotot.

L'analyse minéralogique des sols qui recouvrent ces grès nous permettra de connaître l'origine de ces limons.

c) Les grès de May (Ordovicien supérieur) ont une composition lithologique beaucoup moins homogène que les niveaux précédents. Cet horizon se compose d'alternances de bancs de grès fin rosés ou gris et de schistes bleus ou verdâtres. Assez rarement, on y trouve des quartzites fins, gris foncé.

Les grès de May sont recouverts par une mince couche de terre arable dont nous étudierons la composition dans un chapitre spécial.

2° *Schistes d'Angers et schistes ampéliteux* (Ordovicien moyen). — Ces roches occupent les parties basses entre les coupes gréseuses. Par altération, elles donnent naissance à un sol argileux, imperméable, couvert de bois et de haies; l'aspect de ces régions se rapproche de celui du Bocage.

3° *Granite*. — Le granite de Flamanville forme un plateau incliné vers le W.-E. Il occupe une surface ovale mesurant 7 kilomètres de l'est à l'ouest, 4 kilomètres du nord au sud et apparaît, suivant l'expression de M. MICHEL-LÉVY, comme un culot éruptif perçant les strates sédimentaires sur le flanc méridional du synclinal de Siouville¹. Une ceinture de cornéennes borde à l'ouest ce flot granitique; elle provient du contact du granite avec les schistes et les grès à bancs calcaires du Dévonien inférieur. La dureté de ces roches métamorphiques a permis aux falaises qui limitent le port de

1. MICHEL-LÉVY (Auguste), *Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général*, 1893. B. S. de la carte géolog. de France.

Diélette de conserver leur raideur de formes. La surface topographique de la région de Flamanville présente le modelé habituel des régions granitiques. On y distingue des croupes arrondies séparées par des vallons au profil adouci.

Le sol résulte de l'altération de la roche sous-jacente. Toutefois, l'arène n'est pas très épaisse, car les blocs granitiques affleurent souvent à la surface.

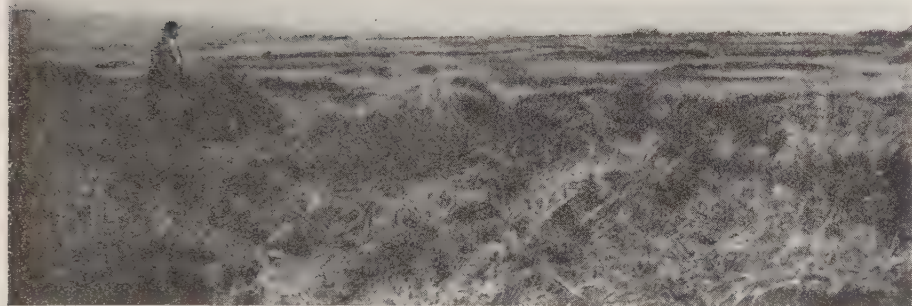


FIG. 12. — Pénéplaine de la Hague.

Voici quelques exemples de composition chimique des granites¹ :

	Si ² O	Al ² O ³	Fe ² O ³	CaO	MgO	K ² O	Na ² O
Granite normal	69,8	15,6	3,0	1,5	1,2	4,7	4,0
Cornéenne du Mont Saint-Gilles..	55,0	24,3	11,2	2,8	1,9	2,8	1,9

Formations littorales. — Dunes. — Mielles. — On trouve des dunes dans la partie septentrionale de la Hague.

Ces amoncellements de sable épousent la forme des terrains anciens qu'ils recouvrent. L'anse de Vauville, en particulier, est bordée par des

1. F. RINNE, *Etude pratique des roches*, traduction L. Pervinquièrre, 1912, page 436; analyses d'après M. Leclerc, ingénieur des mines.

dunes qui atteignent jusqu'à 80 mètres de haut. En arrière s'étend une région de prairies résultant du comblement d'anciennes mares par du sable. Ces terres, transformées par le cultivateur, portent le nom de « mielles »¹. La baie de Saint-Martin est aussi bordée par des formations littorales analogues.

Les sols sableux des dunes portent une végétation xérophile dont les rhizomes courent à la surface quand le vent les a déchaussés. Des éclats de silex taillé, des haches en pierre polie retrouvés dans ces parages indiquent l'existence d'une station néolithique évidemment établie sur un point non encore occupé par les sables.

Dépôts des terrasses littorales. — Les roches anciennes qui se trouvent à l'intérieur de la région constituent rarement les falaises de la Hague. « Presque partout les collines formées par ces roches s'arrêtent à une certaine distance du rivage, elles en sont séparées par une bande plus ou moins étroite dont la surface s'incline faiblement vers la mer... Quand les collines intérieures s'écartent du rivage, la terrasse s'abaisse lentement vers la mer, par exemple à Querqueville et autour de l'anse de Saint-Martin. Si, au contraire, elles s'en rapprochent, la bande se termine en falaise : c'est ce qui s'observe entre Landemer et Osmonville, ainsi que dans le nord de l'anse de Vauville². »

Ces dépôts littoraux sont formés par des blocs anguleux de roches anciennes voisines, noyées dans une argile sableuse formant, par endroits, de véritables limons. Des animaux nombreux paissent sur les pâturages qui reposent sur ces terrasses.

Dépression centrale du Cotentin. Marais de Carentan et leurs ramifications (Pénesmes). — La partie centrale du Cotentin forme une région basse dont les marais de Carentan ne couvrent qu'une partie. Des cours d'eau (Douve, Taute, Vire, Aure) prolongent ces marais en envoyant des ramifications dans le massif ancien. « En réalité, cette dépression représente une aire d'ennoyage transversale à la direction des plis hercyniens³. »

1. « On nomme ainsi de petits vallons qui, à la manière des *lêdes* dans les landes de Gascogne, s'allongent entre les dunes, et s'y présentent couvertes d'une herbe fine, savoureuse, très recherchée par les moutons. Leur mise en valeur à l'aide de travaux appropriés, en particulier de l'emploi du varech comme engrais, fait qu'on peut maintenant voir dans le fond de ces mielles des prairies artificielles de trèfle et de luzerne alterner avec des champs livrés à la culture des céréales et des pommes de terre et même du chanvre. Les champs se sont entourés de hauts talus garnis de tamaris ou de longues rangées de peupliers indiquant sous les sables la présence d'une nappe d'eau. » (A. BIGOT, *loco cit.*)

2. BIGOT (A.), *Sur les Dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie* : C. R. *Ac. Sciences*, Paris, 16 août 1896.

3. BIGOT (A.), *La Basse-Normandie* : *Revue de Géographie annuelle*, *loco cit.*, p. 70.

La pente de ces cours d'eau est très faible. Au fond du marais de Gorges, la côte du lit de la Douve est de 4 mètres; elle est de 3 mètres près de Saint-Sauveur sur Douve. A plus de 20 kilomètres de l'embouchure du Veys au sud de Ham, elle n'est également que de 3 mètres. « En hiver, l'écoulement des pluies prolongées est gêné par la haute mer, les eaux s'accumulant sur ces surfaces transforment les marais en un immense lac d'où n'émergent que la voie ferrée et les barrières placées à l'entrée des ponts qui franchissent les canaux dont le marais est sillonné. »



FIG. 13. — *Plaine alluviale de Carentan.*

Au second plan on aperçoit les buttes argileuses du Pays d'Auge.

La dépression centrale du Cotentin est entourée par une ceinture de sables et de galets triasiques que surmontent les conglomérats calcaires et les argiles rouge vif ou *red marl* du Permien. Au nord, l'arête silurienne de Montebourg sépare les marais du bassin de Valognes des marais du bassin de Carentan. Le *red marl* et les dépôts houillers stéphanien (le Plessis, Littry) sont localisés dans le bassin de Carentan. En outre, tandis que le bassin de Valognes, entouré par une ceinture d'alluvions triasiques, ne contient pas de dépôts plus récents que les grès infraliasiques de l'Het-

tangien, une série plus complète de dépôts s'accumulent dans le bassin de Carentan¹. »

Le golfe de Carentan a joué un grand rôle pendant le Primaire et le Secondaire. Au Tertiaire, la série présente des lacunes. Toutefois, au Miocène supérieur et au Pliocène, elle a été visitée par une faune marine (mer des Faluns, mer des Craggs).

Nature des sols. — Les alluvions modernes des cours d'eau qui sillonnent le Pénesme remplissent les dépressions. Au contraire, les alluvions anciennes constituent les parties les plus élevées. Le sol alluvial des marais est perméable, très spongieux, l'eau s'y infiltre facilement, formant une véritable boue.

Pour lutter contre les épidémies de fièvre, des travaux de dessèchement furent commencés à la fin du dix-septième siècle et se poursuivirent jusqu'à la monarchie de juillet. Par un judicieux système de canaux et de rigoles, on est arrivé à dessécher partiellement la région pendant une partie de l'année; le pays tout entier a été ainsi transformé en un vaste *polder*. A la belle saison, pendant les mois de juillet et d'août, le marais se recouvre de pâturages, au milieu desquels paissent de nombreux troupeaux. L'herbe y est de qualité médiocre, mais au moment de la chaleur, lorsque les champs des environs sont brûlés par le soleil, le paysan est heureux d'avoir cette herbe verte pour la nourriture de son bétail.

Aux endroits où l'eau est claire, pousse une végétation de Sphaignes, de Juncs et de Graminées qui donnent une tourbe de bonne qualité.

A l'embouchure des marais, le golfe des Veys est couvert par la sédimentation marine. Des bancs de sable, des vases et de nombreux coquillages forment une grande épaisseur de tange. Plus de onze cents hectares de ces terres sont transformées en herbages.

L'examen microscopique et l'étude chimique des tangues montre que les apports fluviaux n'y entrent le plus souvent que pour une proportion tout à fait insignifiante. C'est ainsi que l'on trouve jusqu'à 50 pour 100 de carbonate de chaux provenant de coquilles qui ont été froissées les unes contre les autres, puis projetées avec violence contre les rochers, où elles se sont broyées. Ces débris complexes, en suspension dans l'eau, sont transportés par un courant remontant vers le nord. Lorsque le flot rencontre une plage vaste et profonde, il perd de sa vitesse, laissant tomber les parcelles les plus grossières, puis les sables fins et enfin les

¹ I. A. BIGOT, *loco cit.*

poussières résultant du triturage des coquilles. On a ainsi la formation de la tangué. M. I. PIERRE a montré que ces dépôts sont des mélanges en proportions variables de carbonate de chaux, d'argile de sables quartzeux, feldspathiques et micacés, contenant une petite quantité de matières salines (chlorures, sulfates, phosphates), et de matières organiques plus ou moins azotées. On se sert de la tangué comme engrais depuis une époque fort reculée. Des documents du douzième siècle font mention de cet usage comme d'une chose fort ancienne.

Voici, selon M. I. PIERRE, l'analyse de quelques échantillons de tangués¹ :

1° *Tangué d'Isigny prise en aval du pont du Vey (côté de la mer)*. — Après dessiccation à 110 degrés, elle contenait :

Matières combustibles ou volatiles.....	0,55
Chlore.....	0,15
Acide sulfurique.....	0,10
Acide phosphorique.....	0,15
Soude et potasse solubles.....	0,21
Carbonate de chaux.....	31,41
Magnésie.....	0,11
Alumine et oxyde de fer dissous dans l'acide.....	0,36
Matières insolubles.....	66,66
Perte.....	0,30
Azote rapportée à 1.000 parties de matières sèches.....	0,36

2° *Tangué de l'embouchure de l'Orne*. — Après dessiccation à 110 degrés, elle contenait :

Matières combustibles ou volatiles.....	32,31
Chlore.....	0,05
Acide sulfurique.....	traces.
Acide phosphorique.....	0,08
Soude et potasse soluble.....	0,03
Silice soluble.....	0,09
Carbonate de chaux.....	46,22
Magnésie.....	0,27
Alumine et oxyde de fer dissous dans l'acide.....	0,27
Matières insolubles.....	49,12
Perte.....	0,54
	100,00
Azote rapportée à 1.000 parties de matières sèches.....	0,71

Les digitations du marais isolent un certain nombre de plateaux constitués par le sous-sol ancien qui n'a pas été recouvert par les alluvions :

a) Le *plateau d'Orglande*, situé entre la Douve et le Merderet, porte une terre fertile, reposant tantôt sur les dépôts des mers liasiqes, tantôt

1. ISIDORE PIERRE, *Etude sur les engrais de mer de Basse-Normandie, Manche et Calvados* (Mém. Soc. Linn. de Normandie, t. IX, 1853, p. 26, 93).

sur la craie à *Baculites* du Crétacé ou sur les sédiments miocènes des Faluns.

b) Le plateau du Bauplois, entre les marais de Gorges et la Douve, est revêtu d'une couche de limon qui recouvre les sables et les galets roulés du Trias et les argiles du Lias.

c) Au sud de Carentan, les plateaux de Mont-Martin et de Catz dominent les alluvions de la Taute et de la Vire. Le sous-sol de ces buttes est



FIG. 14. — Le hameau de La Lande au pied du Mont-Castre de Lithaire.
(D'après A. Bigot.)

constitué par les marnes rouge-vif du red-marl, qui supportent une terre argileuse, humide et fertile; les haies et les arbres qui entourent les parcelles de terrain donnent à tout le pays un aspect qui rappelle celui du Bocage.

d) Au nord de Carentan, les plateaux situés entre le Merderet et la mer sont formés par les argiles liasiques de Sainte-Mère-Église. Le sol argileux, imperméable, porte de riches herbages plantés de pommiers et entourés de haies.

Le col du Cotentin (axe de Saint-Sauveur). Anticlinal de Carteret. Synclinal dévonien de Portbail. — La direction générale des plis hercyniens

est sensiblement N.E.-S.W. pour l'axe de Saint-Sauveur, et W.-E. pour l'anticlinal de Carteret.

Toute cette région est formée par des assises siluriennes et dévoniennes.

I. *Nature des sols reposant sur les grès.* — a) Les *grès feldspathiques* constituent au nord de l'axe de Saint-Sauveur une plaine presque inculte qui n'a pas moins de 8 kilomètres de longueur du sud-est au nord-ouest.



FIG. 15. — Falaises cambriennes du cap de Carteret et dunes des Moitiers-d'Allone.

Le manque de terre végétale qui fait que les grès apparaissent à la surface explique l'aridité de cette bande. Nous étudierons les sols qui recouvrent ces formations à propos de la Hague, où les grès feldspathiques occupent des bandes importantes.

b, Les *grès de May* ont la même composition que ceux que nous avons décrits dans la Hague. Ils donnent naissance aux mêmes sols dénudés couverts d'ajoncs et de bruyères. Dans la région qui nous occupe, ils forment deux bandes situées au nord et au sud des marais de la Sansourière. L'érosion a découpé ces bandes, formant des buttes, témoins isolés

dans la partie dévonienne. C'est M. P. DALIMIER qui, le premier, dans sa thèse sur les terrains primaires du Cotentin, a donné à ces buttes le nom de *région des Cinq-Montagnes*. Du nord au sud, on trouve : le mont de Taillepieu (92 m.); le mont de Besneville (92 m.); le mont de Doville (121 m.); le mont d'Etenclin (131 m.); le mont de Lithaire (122 m.).

On trouve aussi les grès de May dans la région de Carteret, du Valdecie et de Romond.

c) *Grès armoricains*. — Ils sont aussi représentés dans l'anticlinal silurien de Carteret. Ceux du Bosquet (119 m.) dominent le pays de leur masse arrondie supportant les tours d'anciens moulins à vent.

d) *Les grès dévoniens à Orthis Monnieri* forment dans la région des Cinq-Montagnes les buttes basses de Brocbœufs et du mont de Sainte-Catherine. Mais on les trouve surtout entre l'axe de Saint-Sauveur et l'anticlinal de Carteret, où ils constituent une première ceinture Denneville à Quinetot; — la seconde ceinture, deuxième ligne de relief, s'étend le long du littoral.

II. *Les schistes*. — Les schistes siluro-dévoniens constituent la partie basse de la région des Cinq-Montagnes. Par altération, ils donnent une terre imperméable qui porte de nombreuses mares et même des marais (marais de la Sangsurière).

Dans l'anticlinal de Carteret on trouve des schistes cambriens, des schistes à Calymènes et des schistes siluro-dévoniens.

Entre les deux lignes de reliefs formés par les grès dévoniens à *Orthis Monnieri*, on rencontre dans la vallée les schistes de la base du niveau de Néhou; deux ruisseaux coulent là en sens inverse : le Gris vers Portbail, et le Gerfleur vers Carteret.

III. *Les calcaires*. — Les calcaires forment dans cette région les assises dévoniennes. On les trouve bien représentés à Néhou, petite commune située au centre de la presqu'île du Cotentin et dont les gisements de fossiles sont célèbres. On y a recueilli jusqu'à présent quarante-cinq espèces de Brachiopodes.

La nécessité de se procurer de la chaux pour l'amendement des sols schisto-argileux de l'ouest a fait ouvrir de nombreuses carrières. On a malheureusement abandonné ces exploitations, car trop souvent les schistes noirs alternent avec les calcaires, s'y substituant même par place.

Les calcaires de Néhou donnent des ondulations larges et portent sur une terre assez fertile, des prairies entourées de grands arbres.

La côte occidentale du Cotentin. — Entre les schistes cambriens de la

pointe de Rozel et du cap de Carteret, la côte tend à se régulariser. « Au-dessus du niveau des hautes mers, la zone littorale est formée par une bande continue de dunes et de mielles établies sur l'ancienne plate-forme littorale et accolées à l'ancien rivage. » Les cultivateurs ont recouvert les « mielles », véritables dunes fixées, par des prairies artificielles de trèfle et de luzerne qui alternent avec des champs de pommes de terre.

Les rivières de la partie occidentale du Cotentin, parallèles à la côte, forment des estuaires très larges. Ces havres sont le siège d'une sédimentation intense; ils tendent à se combler par des dépôts marins « formés par des débris provenant de la destruction de la côte et de la trituration des coquilles marines, et, dans une faible mesure, des apports des cours d'eau¹ ».

Ces tangles sont identiques à celles qui comblent peu à peu la baie des Veys et la baie du Mont Saint-Michel.

C'est aussi à la décantation des argiles que l'on doit le ruban de plages de sable et de dunes qui s'étend depuis le bec d'Andain jusqu'au cap de Flamanville (dunes de Carteret [62 mètres], dunes de l'anse de Vauville, à l'ouest de Vasteville [80 mètres]).

Environs de Saint-Lô. — Au sud des marais de Carentan, les environs de Saint-Lô font la transition avec le Bocage normand. Le sol y est élevé : 276 mètres près de Percy et 363 mètres dans la montagne de Guiber-ville.

Les terrains précambriens, ou *phyllades de Saint-Lô*, forment le sous-bassement de toute la région; ils sont constitués par des schistes bleuâtres ou verdâtres plus ou moins satinés, parsemés de veinules de quartz très fortement inclinés qui alternent avec des bancs plus ou moins épais de *grauwackes* feldspathiques insérés parallèlement aux feuillets schisteux. Ces terrains précambriens sont recouverts à certains endroits par la syénite de Coutances.



FIG. 16. — *Falaises phylladiennes du cap du Carteret.* (D'après A. Bigot.)

1. BIGOT (A.), *La Basse-Normandie : Revue de Géographie annuelle*, tome VII, 1913, fascicule IV, p. 74.

Au nord de Saint-Lô se trouve le bassin permien, composé par des argiles rouges (*red-marl*) et par des sables et cailloux roulés permo-triasiques, qui recouvrent d'un manteau uniforme les plateaux de la région silurienne et cambrienne du N.-E.

Je n'insisterai pas sur la composition des sols qui recouvrent les assises des environs de Saint-Lô, car j'ai déjà eu l'occasion de les décrire à propos du Bocage normand et de la Hague.

Val de Saire-Valonnais. — Situé à l'est de Cherbourg, le Val de Saire, pays fertile et légèrement ondulé, contraste avec les paysages austères et dénudés de la Hague.

Le Val de Saire est formé par des phyllades qui ont été percés au nord, en bordure de la côte, par un massif granitique.

Ces *phyllades* forment un vaste plateau élevé (158 mètres près de Mau-pertuis, 140 mètres au signal de Mont-Etelan). Un manteau sableux de galets et de limons les recouvre. Le plateau porte une végétation maigre, véritable lande où dominent les ajoncs, la bruyère et les ronces.

Les *granites* s'étendent tout le long de la côte jusqu'à la pointe de Barfleur.

Des cultures, des prairies plantées de pommiers couvrent ces sols faiblement valonnés ; seule, l'anse du cap Lévy fait exception par l'aridité de la lande qui la surmonte. Les alluvions littoraux se déposent dans les baies déchiquetées, régularisant ainsi la côte tout en y apportant un peu de fertilité.

La Saire, qui coule de l'ouest à l'est, traverse avant d'arriver à la mer la région granitique de Barfleur. Cette rivière dépose dans sa vallée de riches alluvions recouvertes d'humides prairies, où s'alignent de nombreux saules.

Le *Valonnais* est beaucoup moins fertile que le Val de Saire. On y distingue les grès calcaires liasiques de la région de Valognes et les grès siluriens de Montebourg. Ces roches sont recouvertes d'un limon où poussent des prairies plantées de pommiers.

Les grès armoricains forment des buttes ou monts (Mont-des-Brulins, 118 mètres, mont Bouyoux, 117 mètres, mont de Lestres, mont Castre, nom qui évoque le souvenir d'un camp romain [*Castra Stativa*]).

Les sols siliceux de ces buttes ne sont pas épais. ils portent des cultures de sarrasin et d'avoine. Bien souvent la roche apparaît, et c'est de nouveau la lande avec ses ajoncs et ses bruyères. Les habitants de ces régions essayent d'utiliser cette lande d'une façon rémunératrice

en y plantant des pins, mais jusqu'ici les résultats obtenus n'ont pas été très encourageants.

On peut résumer de la façon suivante les différents sols du Cotentin :

I. Sols de formation ancienne reposant :

a) Sur les grès feldspathiques (Beaumont-Hague, Sainte-Croix-Hague, Jobourg, Lessay, environs de Saint-Lô).

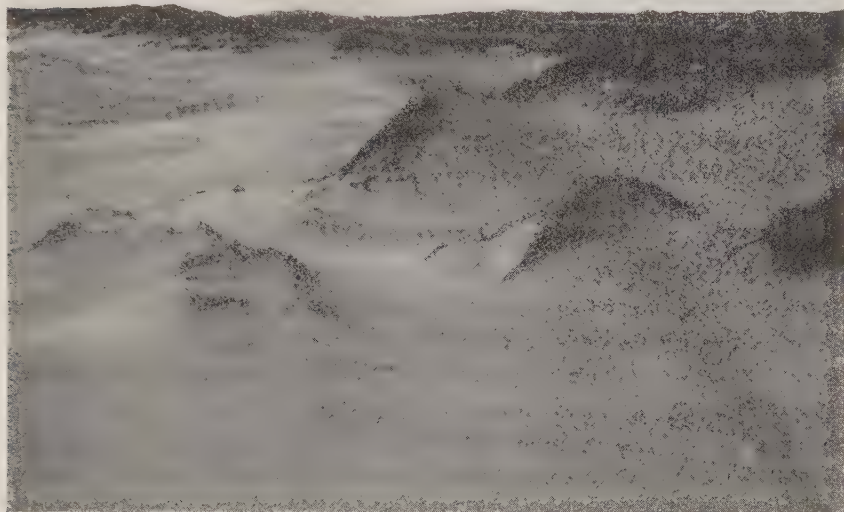


FIG. 17. — *Dunes de Carteret.*

Les petites buttes de sable sont fixées par des touffes de *Psamma arenaria* R. et Sch.

b) Sur les grès de May (Hague, région des Cinq-Montagnes, région de Carteret, du Valdecic et de Romond).

c) Sur les grès armoricains (landes de Jobourg, de Beaumont, bourg des Pieux, Anse de Sciotot, Bosquet).

d) Sur les grès à *Orthis Monnieri* (buttes de Brocbœufs, mont Sainte-Catherine, Denneville à Quinetot, littoral de Carteret).

e) Sur les schistes et phyllades (Hague-Marais de la Sangourière; schistes de Néhou; phyllades de Saint-Lô).

f) Sur les granites (Flamanville); syénite de Coutances.

g) Sur les calcaires dévoniens (Néhou).

- h)* Sur les sables et galets roulés du Trias (plateau de Bauplois).
- i)* Sur les argiles liasiques (Sainte-Mère-Église, plateaux situés au nord de Carentan).
- j)* Sur la craie à Baculites du Crétacé (plateau d'Orglandes).
- k)* Sur les sédiments miocènes des Falunes (plateau d'Orglandes).
- l)* Sur les marnes du *Red-Marl* (nord de Saint-Lô, plateaux de Mont-Martin et de Catz).

II. *Les sols récents* du Pénesme qui constituent :

- a)* Les alluvions modernes.
 - b)* Les dunes et mielles (Carteret-Vauville).
 - c)* La tourbe (Pénesme).
 - d)* Les tangles (baies des Veys, embouchure de l'Orne, baie du Mont-Saint-Michel, havre de Carteret, etc.).
-

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

LES LIMONS (a^{1b}) DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE CAËN

Généralités. — En examinant la carte géologique de Caen, on est frappé par la grande extension des limons que les auteurs désignent par l'indice a^1 . La notice explicative nous apprend « que les limons ont une grande importance dans la campagne de Caen, où ils recouvrent une grande partie de sa surface, lui donnant sa fertilité. On les sépare parfois difficilement des dépôts de remblayage des vallées. Ces dépôts sont légèrement calcaires (*Fauvet*), leur sommet est décalcifié (*Rougeaut*) ; ils sont plus siliceux sur l'argile à silex du Crétacé (pays d'Auge) ou du Bajocien (Bessin). A leur base, à Luc (brèche Marais) on a recueilli des dents d'*Elephas primigenius*. Ils sont rarement exploités pour la briqueterie ; on doit cependant signaler les anciennes poteries d'art du Pré-d'Auge (les potiers au nord de la Boissière). » Je signalerai une erreur importante dans la citation que je viens de faire. En effet, comme nous le verrons, le Rougeaut est plus riche en calcaire que le Fauvet. C'est probablement sur la foi d'analyses anciennes et inexactes que cette erreur a été commise¹.

Les dépôts limoneux a^{1b} présentent plusieurs couches nettement distinctes, dont l'épaisseur varie beaucoup. L'assise, qui est à la base, est formée par une terre sablonneuse jaunâtre très homogène, appelée *Fauvet* par les habitants du pays. Au-dessus on trouve une couche moins épaisse et d'une couleur un peu plus foncée que la précédente : c'est le *Rougeaut* ou *Rougeot*.

Cet horizon contient des coquilles roulées, en particulier des valves d'*Ostrea edulis*, de *Mytilus edulis*, de *Purpura lapillus* et de *Littorina littoralis*. Toutes ces espèces sont identiques à celles qui vivent à l'heure

1. AZAM (A.), *Sur la Constitution et l'origine des limons de la plaine de Caen appelés Rougeaut et Fauvet*, C. R. Ac. Sc. t. CLXXV, p. 315 (séance du 7 août 1922).

actuelle dans la mer. Il y a tout lieu de croire qu'elles ont été déposées en même temps que le *Rougeaut*.

Ces limons renferment quelques cailloux peu roulés. Ceux du *Fauvet* sont de faible dimension, avec les angles assez vifs ; ils sont rassemblés en de véritables bancs très peu nombreux. Ceux du *Rougeaut* sont beaucoup plus gros.

L'épaisseur de ces dépôts paraît dépendre du degré d'inclinaison et des aspérités de la surface sur laquelle ils se sont déposés. M. J.A.-E. DESLONGCHAMPS¹ a signalé le premier, d'une part, que la puissance des limons diminuait à mesure que le coteau s'élevait et que, d'autre part, c'était sur le flanc ouest des vallons des rivières normandes que le dépôt était le plus marqué. Nous reviendrons sur ces observations très importantes quand nous essayerons d'expliquer la formation de ces sols.

Paléontologie. — Vers 1860 des gisements importants ont été mis à jour dans les limons *a*¹⁰. Nous allons exposer rapidement la nature des ossements, l'endroit où on les a trouvés et la façon dont ils se présentaient au moment de leur découverte.

Toutes les pièces que nous allons énumérer ont fait l'objet d'une note de M. EUDES-DESLONGCHAMPS (J.-A.), insérée dans les *Mémoires de la Société Linnéenne de Normandie* des années 1860-61.

Dans le vallon de Fontaine-Henry, sur la rive droite de la Meuse, on a trouvé cinq humérus de *Rhinoceros*, une lame de dent molaire d'*Elephas primigenius*.

Sur la rive gauche, peu de temps après la première découverte et dans la même assise on mit à jour des ossements d'*Hyènes* avec portions de mâchoires garnies de dents, le cubitus droit d'un très grand *Felis*, quatre tronçons avec la meule de bois d'un *Cerf*, un bois presque entier de *Renne*, des vertèbres de bœufs, de cerfs, de chevaux et un tronçon considérable de fémur appartenant au *Rhinoceros tichorinus*.

Ces vestiges d'animaux fossiles reposaient au milieu d'une couche de *Fauvet* de 30 à 40 cm. d'épaisseur. Les os n'étaient pas disséminés, mais au contraire rassemblés en deux bancs situés à deux mètres environ l'un de l'autre. L'aspect anguleux des débris semble indiquer que le moment de la mort des animaux n'a pas été très éloigné de celui où ils ont été déposés. Ces ossements présentent des fractures : en particulier, sur la diaphyse

1. DESLONGCHAMPS (J.-A. EUDES-), *Mémoire sur de nombreux ossements de mammifères fossiles de la période géologique dite diluvienne trouvés aux environs de Caen* : *Mém. Soc. Linn. de Norm.*, 1860-61, XII^e vol.

dans la partie la plus résistante. Rarement le corps de l'os est sectionné en travers, mais presque toujours obliquement. Selon M. J.-A. EUDES-DESLONGCHAMPS, ces animaux auraient eu les membres écrasés par la chute des rochers qui les abritaient. De nombreux ouvrages ont signalé ces particularités.

Les agents atmosphériques, dans d'autres gisements, semblent être la cause de ces fractures.

Dans le *Fauvet* de la falaise de Luc-sur-Mer, le fils de M. EUDES-DESLONGCHAMPS a trouvé un calcanéum d'un grand ruminant et plusieurs fragments assez considérables d'un très gros os qui paraissait provenir d'un Mammouth.

Peu de temps après on découvrit quelques pièces isolées peu importantes qui n'ont pas fait connaître l'existence d'espèces ignorées.

Les espèces animales trouvées dans le Fauvet des limons *a*, *b*, sont, en résumé, les suivantes :

- 1° CARNASSIERS (*Felis spelæa*, *Hyæna fossilis*, *Hyæna spelæa*);
- 2° PACHYDERMES (*Elephas primigenius*),
- 3° RHINOCEROS (*Rh. tichorinus*);
- 4° CHEVAUX (*Equus fossilis*);
- 5° RUMINANTS : Renne : *Cervus tarandus fossilis*; Grand Cerf des tourbières : *Megaceros hybernicus*; Bœuf : *Bos primigenius*.

Stations néolithiques. — Les débris d'industrie humaine trouvés dans les limons *a*^{1b} sont très rares. C'est à M. EUGÈNE DESLONGCHAMPS que l'on doit la première note d'archéologie préhistorique relative au Calvados. Ces recherches ont été continuées par MM. COSTARD, HENRI FOUCHER, DE POTIGNY, BIGOT, etc.

Dans le *Rougeaut*, M. BIGOT¹ a trouvé entre Luc-sur-Mer et Lion-sur-Mer un certain nombre d'éclats de silex taillés. Au même endroit, à la base du Fauvet, on a recueilli des silex *moustiériens* et au pied de la falaise une magnifique hache *chelléenne*, un peu roulée par la mer, ainsi que plusieurs pièces néolithiques. Le peu de matériaux recueillis permettent toutefois de conclure avec certitude que les limons *a*^{1b} renferment des stations chelléennes et moustiériennes.

Connaissant les observations générales d'ordre stratigraphique, paléontologique, néolithique, il reste à décrire la composition minéralogique de ces limons avant de dégager une hypothèse relative à leur formation.

1. BIGOT (A.), *Récentes découvertes d'objets préhistoriques, aux environs de Caen*, 1886.

CHAPITRE II

CONSTITUTION MINÉRALOGIQUE ET FOSSILIFÈRE DES LIMONS a^{1b} DE LA CARTE GÉOLOGIQUE DE CAEN

LIMONS DE LA CAMPAGNE DE CAEN

Description stratigraphique. — Les dépôts argilo-sableux se présentent sous la forme d'une masse homogène dans laquelle on n'aperçoit pas trace de stratification. Le *Rougeaut* (T_1) forme le tiers supérieur de cette masse, où il constitue une partie plus sombre.

Le *Fauvet* (T_2), qui se trouve à la base du Rougeaut, est d'une couleur jaunâtre. L'horizon T_3 repose sur le calcaire *Bradfordien supérieur* (J_1^b), paraissant être une véritable formation autochtone résultant de l'altération sur plan de la roche sous-jacente. Cette assise contient de nombreuses petites plaquettes fendillées, friables, qui insensiblement passent aux formations argilo-sableuses du Fauvet.

Le *Bradfordien supérieur*, qui forme le sous-sol de la région, est un calcaire blanc à grains grossiers formé de coquilles et d'organismes triturés.

Cailloux et graviers. — Les limons a^{1b} renferment des cailloux dont la forme et la grosseur sont essentiellement variables.

Dans le *Rougeaut* les cailloux (a) sont très gros, ayant jusqu'à 10 centimètres de diamètre. Les angles sont émoussés, nettement arrondis. On trouve des grès ordinaires, des grès ferrugineux et quelques silex.

Le *Fauvet* est beaucoup plus homogène; il ne contient pas de gros éléments, c'est à peine si au milieu de sa masse on aperçoit une ligne (b) de cailloutis assez anguleux, peu ou pas roulés, dont les éclats n'atteignent pas un centimètre de diamètre. Ils sont constitués par des grès ferrugineux, des quartz de filon, des quartzites et des silex assez rares. Cette couche renferme aussi des petites concrétions calcaires ou « pou-pées » ayant en moyenne 4 centimètres de long sur 1 centimètre de large.

L'horizon T_3 contient des cailloux roulés (c) de faible dimension. Les grès ferrugineux et les galets dominent, néanmoins on y rencontre des quartzites et des silex, plus roulés que les précédents. Dans les horizons, ce sont toujours les mêmes espèces de cailloux que l'on rencontre (quartzites, silex, grès).

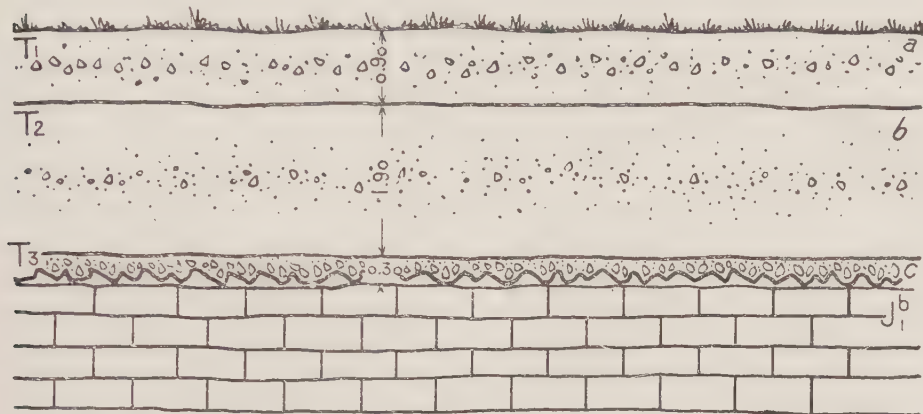


FIG. 18. — Limons de la campagne de Caen. — Coupe schématique de la Falaise entre Luc-sur-Mer et Lion-sur-Mer.

J_1^b , Calcaire de Langrune (Bathonien supérieur). — T_3 , Horizon T_3 . — T_2 , Fauvet. — T_1 , Rougeaut.
 a, b, c , cailloutis.

Examen micrographique. — J'ai fait des coupes minces dans des échantillons pris dans la falaise à des niveaux différents. Je vais les décrire minutieusement, en insistant particulièrement sur la présence ou l'absence de fossiles dans un horizon déterminé.

A) **CALCAIRE DU BRADFORDIEN SUPÉRIEUR** ou calcaire de Langrune (J_1^b). (Pl. IV, fig. 1, 2, 3, 4. Grossissement 25. Examen en lumière polarisée. Nicols croisés.) — Cette roche est très riche en débris d'organismes. Elle est constituée par de nombreux morceaux de Bryozoaires, d'Echinodermes. On y voit aussi des petits Gastéropodes entourés de carbonate de chaux, des Oolithes ferrugineuses, quelques fragments de Brachiopodes et des restes de Crinoïdes. La coupe révèle l'existence de morceaux de calcaire qui ont été remaniés, puis consolidés. Un ciment de calcite très abondant enveloppe les fossiles et remplit leurs loges. L'absence totale de gros grains de quartz clastique, ainsi que de glauconie, est à noter.

B) **HORIZON T_3 .** (Pl. III, fig. 1, 2, 3, 4. Grossissement 25. Examen en lumière polarisée. Nicols croisés.) — L'examen microscopique de cet horizon montre

l'existence de débris remaniés de Bryozoaires, d'Echinodermes et d'Oolithes ferrugineuses. *Ces fossiles sont identiques à ceux que nous venons de décrire dans le Bradfordien supérieur.*

Dans l'horizon T_3 , les Bryozoaires sont prépondérants; ils sont associés à un grand nombre de débris de calcaire remanié qui appartient à différents types. Les uns sont à grains blancs et fins, d'autres sont d'un gris sale. La gangue qui entoure les fossiles contient de gros grains peu nombreux de quartz arrondis, des petits éclats abondants et des fragments de quartzites. On y voit aussi des grains de glauconie, des fragments de feldspaths (orthose, oligoclase), un petit nombre de paillettes de mica et quelques fragments assez rares de zircon.

L'ensemble de la préparation a un aspect détritique indiquant que les divers éléments ont subi un remaniement important.

C) HORIZON T_2 (FAUVET). (Pl. II, fig. 1, 2, 3, 4. Grossissement 25. Examen en lumière polarisée. Nicols croisés.) — Ce dépôt est formé de morceaux assez rares du Bradfordien supérieur qui ont été remaniés. Toutefois le contour anguleux de ces gros débris de Bryozoaires, de Brachiopodes à canaux larges, tapissés de calcite grenue, est une preuve qu'ils ne viennent pas de loin. Un examen plus détaillé avec un plus fort grossissement fait apparaître des éléments franchement crétacés (Foraminifères de la craie, *Fusilina*, *Orbitolina concava*).

Cet horizon renferme aussi quelques grains de glauconie, moins abondante que dans l'horizon T_3 .

Le quartz se présente sous deux aspects :

1° Des gros grains peu abondants ayant les angles émoussés. Dimension moyenne $1/4$ de millimètre de diamètre.

2° Des petits éclats anguleux très nombreux dont la dimension minimum est de $1/100$ de millimètre.

Les grains de quartz du Fauvet, examinés directement au microscope, sans les tailler en plaque mince, en faisant une pâte avec de l'eau, présentent sur leur surface des protubérances et des petites aspérités. L'examen en plaques minces, ainsi que l'observation directe, montre des éléments calcaires qui ont jusqu'à $1/4$ de millimètre de diamètre et qui sont très anguleux. On trouve aussi des débris de feldspath plagioclase, en particulier l'albite, dont la mâcle caractéristique apparaît en de nombreux points de la préparation. Les paillettes de mica blanc sont assez rares. Les grains de limonite sont plus abondants que dans l'horizon précédent. Les fragments de zircon sont très peu nombreux. Cet ensemble

minéralogique donne une impression de composition hétérogène. En définitive, la faible dimension des grains moyens permet de ranger le *Fauvet* à la limite inférieure des sables.

D) HORIZON T₁ (ROUGEAUT). (Pl. I, fig. 1, 2, 3, 4. Grossissement 25. Examen en lumière polarisée. Nicols croisés.) — Cet horizon contient de nombreux morceaux de calcaire du Bradfordien supérieur remanié, des débris de mollusques dans lesquels on peut encore observer la matière colorante. Certains de ces morceaux sont perforés par des algues. On observe encore dans le *Rougeaut* des restes d'Echinodermes, en particulier de Crinoïdes. Les Foraminifères de la craie y sont en très petit nombre.

Les gros grains de quartz légèrement roulés sont abondants; ils ont jusqu'à 8/10 de millimètre de diamètre. Les petits éclats anguleux sont beaucoup moins nombreux que dans le *Fauvet*. Ils ont à peine 5/100 de millimètre de diamètre. On trouve aussi quelques morceaux de quartzite avec feldspath inclus.

Les débris de feldspath plagioclase sont rares. La calcite tapisse les fossiles; on la trouve aussi en petits grains dans l'intérieur des loges. La glauconie est répartie dans la préparation en faible quantité, il en est de même du mica blanc et du zircon; seule la limonite est très abondante.

Analyse chimique. — Nous avons fait plusieurs analyses des limons α^{1b} de Luc-sur-Mer. Nous reproduisons dans le tableau ci-dessous la moyenne des résultats trouvés sur 100 parties de terre après 30 minutes de dessiccation à 85°.

	ROUGEAUT	FAUVET	HORIZON T ₃ .
Silice libre.....	41,00	47,50	20,50
Silice combinée.....	12,00	21,00	9,00
Silice totale.....	53,00	68,50	29,50
Carbonate de chaux.....	38,50	18,20	62,50
Alumine.....	5,86	8,91	5,08
Oxyde de fer.....	2,04	2,09	1,92
Acide phosphorique total...	0,08	0,07	0,06
Potasse.....	0,10	0,20	0,18
Humus.....	0,40	0,30	0,30
	99,98	98,27	99,54
Éléments non dosés :			
Magnésie, acide sulfurique.			
Chlore, azote non combiné au carbone.....	0,01	1,73	0,46
	100,00	100,00	100,00

L'inspection de ces chiffres suggère les remarques suivantes :

a) La très grande abondance de carbonate de chaux, son inégale répartition dans les trois horizons. Le Fauvet, qui se trouve placé entre le Rougeaut et l'horizon T_3 , est le moins riche. Il contient en effet un peu moins de la moitié de CO^2Ca que le Rougeaut. Cette dernière assise n'est donc pas décalcifiée, comme l'écrivent les auteurs de la Notice explicative de la feuille de Caen. C'est là un résultat très important, qui me servira quand je chercherai à expliquer l'origine de ces limons.

b) De même la silice libre, la silice combinée et l'alumine sont plus abondants dans le Fauvet, ce qui nous montre que nous avons affaire à une formation argilo-sableuse légèrement calcaire et de décomposition différente des autres.

c) L'humus est en quantité sensiblement égale dans le Fauvet et l'horizon T_3 . Seul le Rougeaut en contient un tiers de plus, ce qui est peu si l'on tient compte du fait que ce dernier horizon constitue la terre arable. Or, l'humus provient de la décomposition lente des plantes qui meurent sur le sol et des débris végétaux divers. Dans ces conditions, il faut admettre que les limons a^{1b} ont porté une végétation dont il est impossible aujourd'hui d'apercevoir les traces.

Je n'aborderai pas dans cette étude l'interprétation agronomique des résultats fournis par l'analyse chimique. L'analyse physique serait pour cela indispensable, mais je sortirais du cadre de ce travail.

La richesse relative des différentes formations en carbonate de chaux, silice, alumine, humus, peut être utile à connaître pour le but que je me propose d'atteindre.

LIMONS DU PAYS D'AUGE

Description stratigraphique. — Les limons a^{1b} reposent sur l'Argile à silex (T_3), où ils forment une masse homogène ayant jusqu'à 5 mètres d'épaisseur. Ils sont constitués par deux horizons nettement distincts. Le premier (T_1), très siliceux, renferme des cailloux anguleux de grès, de quartzite. Le second (T_2) est beaucoup plus homogène, très argileux, aussi on l'exploite pour faire de la brique.

Examen micrographique. — I. Argile à silex (T_3). (Pl. V, fig. 1, 2. Grossissement 25. Nicols croisés. Photographie en lumière polarisée.) — Une plaque mince de cette roche examinée au microscope polarisant montre qu'elle est formée de gros grains de glauconie entourés par une véritable gangue d'argile cristallisée, riche en petits éclats de quartz (diamètre moyen 0,05). On aperçoit aussi dans la coupe des petits morceaux de silex contenant de la silice globulaire et de la calcédoine.

II. HORIZON (T_2). (Pl. V, fig. 3, 4. Grossissement 25. Nicols croisés. Photographie en lumière polarisée.) — Dans les coupes examinées on ne voit pas de fossiles et on n'observe pas de gros grains de quartz, seuls les petits éclats anguleux dominant (diamètre moyen $0^{\text{mm}},05$). La glauconie est assez abondante, les grains ont la même structure que dans l'argile à silex. La préparation révèle la présence : de nombreux débris de silex contenant de la silice globulaire et de la calcédoine, de paillettes de mica blanc,

LIMONS DU PAYS D'AUGE



FIG. 19. — Succession des assises dans le Pays d'Auge.

A la base C^5 , craie cénomaniennne. — Au milieu AS, Argile à silex. — A la partie supérieure, Horizons T_2 et T_1 .

de grains de limonite et de zircon beaucoup plus rare. Tous ces minéraux sont noyés dans un ciment argileux très important, qui donne à la coupe un aspect très sombre.

III. HORIZON (T_1). (Pl. VI, fig. 1, 2, 3, 4. Grossissement 25. Nicols croisés. Photographie en lumière polarisée.) — Les gros grains de quartz ainsi que les fossiles font totalement défaut. Dans cet horizon les petits éclats dont la dimension moyenne est de $0^{\text{mm}},06$ sont extrêmement nombreux. On trouve aussi quelques fragments de quartzite, des débris de silex, des grains de glauconie, des paillettes de mica et très peu de limonite. Le zircon y est très rare. L'argile, qui entoure les éléments que je viens d'énumérer, est peu abondante. L'aspect de cette préparation est bien moins sombre que celle de l'horizon T_2 , car les petits éclats de quartz remplissent toute la coupe.

Cailloux et graviers. — On ne trouve de cailloux que dans l'horizon T_1 . Certains éléments sont très gros, avec des angles vifs. La dimension moyenne de ces grès ordinaires ou ferrugineux est de 3 à 4 cm. de long sur 2 à 3 cm. de large. Les éclats de silex, les fragments de quartzite sont plus petits. Par endroits, on rencontre des galets roulés de craie cénomannienne (diamètre moyen 2 cm.).

LIMONS DU BESSIN

Description stratigraphique. — Le pays étant très fertile, il n'a pas été possible de trouver une carrière ou une coupe naturelle permettant d'observer nettement les dépôts. A l'endroit où nous avons prélevé les échantillons, les limons a^{1b} reposent sur la *Malière* (J_4a). Cette assise du Bajocien inférieur est formée par des calcaires marneux généralement décalcifiés de couleur gris bleu. Cette roche est riche en silex. Au-dessus, on trouve deux couches de limon qui ne paraissent pas posséder de stratification. L'horizon supérieur (T_1) jaune brun constitue la terre arable. A sa base on trouve un limon argileux jaune clair : c'est l'horizon T_2 .

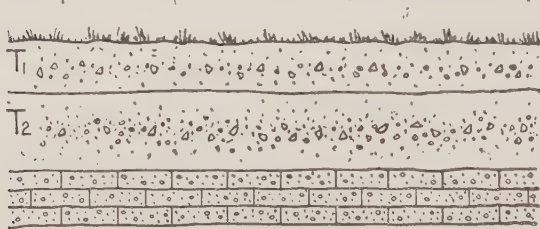


FIG. 20. — *Limons du Bessin.*

A la base : *Malière*. — Au milieu : Horizon T_2 . —
Partie supérieure : Horizon T_1 .

Examen micrographique. — HORIZON T_2 (1 m. 20 de visible). (Pl. VIII, fig. 1, 2. Grossissement 25. Nicols croisés. Photographie en lumière polarisée.) — On observe dans cet horizon des grains de quartz anguleux. Le plus gros a 0^{mm},7 de long sur 0^{mm},2 de large.

Les petits éclats ont une dimension moyenne de 0^{mm},06.

Les paillettes de mica blanc et de mica noir sont très abondantes. La glauconie est rare. Un ciment argileux enveloppe tous ces minéraux.

HORIZON T_1 . (Pl. VII, Pl. VII, fig. 3, 4. Grossissement 25. Nicols croisés. Photographie en lumière polarisée.) — Dans cet horizon les gros grains de quartz sont rarement roulés. Leur dimension moyenne est de 0^{mm},1 de diamètre. On

rencontre aussi des fragments de quartzite, le plus gros ayant 0^{mm},2. Les petits éclats de quartz sont très anguleux avec des angles très vifs (0^{mm},05 de dimension moyenne).

La préparation contient des débris roulés d'orthose, des fragments de calcaire remanié, des paillettes de mica blanc et noir, quelques minéraux de zircon et des grains de glauconie en très petit nombre. Le ciment argileux est beaucoup moins abondant que dans l'horizon T_2 .

Cailloux et graviers. — Dans l'horizon T_1 on trouve des galets de grès ferrugineux et des éclats de schistes ardoisiers. L'horizon T_2 est moins riche en cailloux, c'est à peine si on y rencontre quelques silex anguleux très petits.

Analyse chimique. — Résultats rapportés à 100 parties de terre fine séchée pendant 30 minutes à 85° :

	HORIZON T_1 .	HORIZON T_2 .
Silice libre.....	57,10	53,00
Silice combinée.....	18,00	22,50
Silice totale	75,10	75,50
Eau d'hygroscopicité	4,37	4,20
Alumine	8,91	11,30
Oxyde de fer	3,79	4,40
Carbonate de chaux	3,00	2,80
Acide phosphorique total.....	0,08	0,09
Potasse.....	1,13	1,18
Humus	1,40	0,40
	97,78	99,87
Éléments non dosés :		
Magnésie, acide sulfurique ...	2,22	0,13
Chlore, azote non combiné au carbone.		
	100,00	100,00

Les chiffres ci-dessus montrent le rapport étroit existant entre les deux horizons T_1 et T_2 . La forte teneur en argile indique que la roche sous-jacente (Mâlière) entre pour une grande partie dans la composition de ces terres.

CHAPITRE III

INTERPRÉTATION DES ANALYSES MICROGRAPHIQUES ET CHIMIQUES. — LES
HYPOTHÈSES RELATIVES A LA FORMATION DES LIMONS *a*^{1b} DE LA CARTE
GÉOLOGIQUE DE CAEN.

Exposé de la question. — Le premier problème qui se pose à l'esprit du géologue est celui de savoir si les limons se sont formés sur place par altération de la roche sous-jacente, ou bien au contraire si les éléments des sols n'ont pas été arrachés à des massifs éloignés, puis transportés à l'endroit où nous les trouvons aujourd'hui. Dans cette dernière hypothèse, il nous faudra rechercher l'origine probable des minéraux, des fossiles qui constituent ces limons, ainsi que la force qui a servi de véhicule. Est-ce l'eau, le vent, les glaces?

Toutes les questions que nous venons d'aborder sont très difficiles, sinon impossibles à résoudre avec certitude. Depuis le début du dix-neuvième siècle, les géologues normands ont discuté ces problèmes. A cet égard, on peut citer les travaux remarquables de MM. de MAGNEVILLE¹, de CAUMONT², EUDES-DESLONGCHAMPS. Les sujets débattus par ces savants ont été résolus en sens divers. « Quand on étudie les choses sur les lieux mêmes, en pleine campagne, embrassant de l'œil des espaces immenses, quand on parcourt à pied ces dépôts argileux, qu'on les mesure, qu'on les voit, là si épais, ici à peine marqués, quand on compare ces points écartés où gisent, ici un os isolé, là de petits amas renfermant pourtant les débris de tant d'êtres qui jouirent de la vie en leur temps, et tout le reste que je passe sous silence, on se prend à hésiter, à douter de l'exactitude des théories qui paraissent rationnelles et probables¹. »

1. DE MAGNEVILLE, *Mémoire sur les terrains de transport qu'on trouve dans le département du Calvados* : *Recueil des Mém. Soc. Linn. de Normandie*, tome III, p. 55.

2. DE CAUMONT, *Topographie géognostique du Calvados* : *Mém. S. L. Normandie*, tome IV, p. 137 et *passim*.

Dans ce travail, je me contenterai d'interpréter d'une façon impartiale les faits observés, n'étant esclave d'aucune théorie préconçue. Si chaque hypothèse prise à part est impuissante à fournir une explication plausible, nous serons obligés d'admettre que les limons sont le résultat de la collaboration intime de plusieurs forces de la nature.

La géologie, la topographie de la région, le mode de gisement des limons, l'aspect morphologique des éléments minéraux, permettront de mettre en lumière le rôle plus ou moins grand joué par les agents atmosphériques.

Les limons a^{1b} de la carte géologique de Caen se sont-ils formés sur place?

Pour répondre à cette question, nous allons examiner l'analyse minéralogique détaillée des échantillons prélevés à Luc-sur-Mer, Grangue et Bayeux.



FIG. 21. — Falaise de Luc-sur-Mer.

A la base on aperçoit le calcaire de Langrune surmonté par l'horizon T_3 . Au milieu se trouve le Fauvet. A la partie supérieure le Rougeaut.

I. Origine des limons de la région de Luc-sur-Mer. — Les limons a^{1b} contiennent des gros grains de quartz, de glauconie, des fragments de feldspath, de l'argile et des petits débris de calcaire remanié n'appartenant pas au sous-sol. Ces éléments ne se rencontrent pas dans la roche sous-jacente. Dans ces conditions on peut affirmer que ni le Rougeaut, ni le Fauvet, ni l'horizon T_3 , ne sont des produits de décalcification du Bradfordien supérieur qui supporte ces limons.

Les gros grains de quartz ont les angles émoussés, arrondis. L'aspect des quartzites, des quartz de filon, des grès, est identique. Ces minéraux siliceux plus ou moins roulés ne peuvent provenir que d'un massif cristallin ancien, pas très éloigné.

La provenance des petits grains de quartz est plus difficile à préciser. Je ne pense pas que ces éléments aient parcouru une grande distance. En effet, l'examen du Fauvet montre des éclats d'aspect anguleux, très peu roulés. Si ces minéraux provenaient de débris arrachés à des massifs

1. EUDES-DESLONGCHAMPS (J.-A.), *Mémoire sur de nombreux ossements de Mammifères fossiles de la période géologique dite diluvienne trouvés aux environs de Caen*. Mém. S. L. Normandie, année 1860-61, XII^e vol., p. 7.

anciens du nord de l'Europe, l'usure du vent, de l'eau, de la glace aurait donné naissance à des grains très arrondis, présentant même des facettes polies, comme on en observe sur des sables ayant parcouru de grandes distances. Une autre objection beaucoup plus importante réside dans la composition même des limons. La glauconie, l'argile, les fossiles crétacés ne peuvent provenir que d'assises formant le sous-sol de la Basse-Normandie.

Si nous jetons les yeux sur la feuille géologique de Caen, nous sommes frappés de voir les couches crétacées se terminer brusquement par un talus tombant à pic sur la vallée de l'Orne. Ces assises s'étendaient autrefois dans l'ouest et dans le sud de la Basse-Normandie. Les dépôts calloviens et oxfordiens atteignaient les rives de la mer bathonienne, puisque, dans la partie sud du massif d'Ecouves, les argiles reposent directement sur l'Oolithe miliaire. Cette couche argileuse forme le sous-sol de l'avant-pays d'Auge et du pays d'Auge. Dans la plaine de Caen, elle a disparu, ne laissant par place que des témoins isolés. Nous verrons plus loin le rôle important que ces dépôts ont joué dans la formation des limons *a*¹⁶ en particulier du *Fauvet*.

De même le Cénomanien, signalé dans la Notice explicative de la carte géologique de Falaise sous forme de craie chloritée au sommet du Mont-Pinçon et par MM. VIEILLARD et DOLLFUS¹, dans le Cotentin, où il repose tantôt sur l'Hettangien (Chef du Pont), tantôt sur le Sinémurien (Fresville), tantôt sur les grès siluriens (Rauville la Place), est formé de sable et grès glauconieux micacés, souvent silicifiés, très peu fossilifères. En se basant sur l'altitude du Mont-Pinçon (350 m.), il semblerait que les dépôts cénomaniens aient recouvert toute la région d'un épais manteau. Une pareille hypothèse est difficilement admissible, car pour cela il faudrait supposer une fixité absolue du niveau des mers.

Grâce aux travaux de MM. EUDES-DESLONGCHAMPS, LE PUILLON DE BOBLAYE, BLAVIER², nous connaissons les dislocations subies par les couches jurassiques de la Basse-Normandie postérieurement à leur dépôt. C'est ainsi que la grande faille de la baie des Veys a eu pour résultat de relever les couches dans le département de la Manche et de les abaisser dans le Calvados. Les failles des falaises du littoral du Bessin ainsi que la formation de la baie des Veys se seraient produites pendant la période crétacée,

1. VIEILLARD (E.-F.) et DOLLFUS (G.-F.), *Etude géologique sur les terrains crétacés ou tertiaires du Cotentin*. Caen, 1875. B. S. L. N. (2), IX.

2. BLAVIER (M.), *Etude géognostique du département de l'Orne*.

probablement au moment ou après le dépôt de la craie de Meudon. De même, le bombement du Merlerault daterait de la fin du Tertiaire. Le Mont-Pinçon, qui se trouve dans le prolongement de l'axe du Merlerault, se serait soulevé postérieurement au dépôt de la craie.

Ces mouvements de l'écorce terrestre sont très importants à un double point de vue. Ils indiquent d'une part que certains dépôts aujourd'hui disparus n'ont pas eu l'épaisseur que l'on serait tenté de leur attribuer, et d'autre part que l'activité orogénique a eu comme conséquence une recrudescence des agents de l'érosion.

Origine des éléments constituant l'horizon T_3 . — Le Bradfordien supérieur (calcaire de Langrune) est recouvert, dans les environs de Lion-sur-Mer, par le Cornbrash. Cet étage est formé d'argiles bleues à la base, d'argiles et de petits bancs de calcaires marneux jaunâtres. Les argiles de base renferment : *Rhynchonella Morieri* DAV., *Terebratula Fleischeri* OPPEL; les lits supérieurs : *Oxynoticeras Hochstetteri* OPPEL, *Eudesia cardium* LAMK, *Zeilleria obovata* SOW.

Une plaque mince faite dans cette roche (échantillon prélevé dans la carrière de la halte du château de Lion-sur-Mer) montre qu'elle est formée : de petits éclats de quartz, de débris de quartzite assez rares, de grains de limonite abondants, de paillettes de mica, de fragments de zircon, de feldspath et de débris de calcaire remanié appartenant à différents types (Brachiopodes, Échinodermes). L'intérieur de ces fossiles est tapissé de calcite à grain blanc et fin. L'ensemble est noyé dans un ciment argileux abondant qui donne à la préparation une couleur foncée.

Dans l'horizon T_3 , nous retrouvons les mêmes minéraux, ainsi qu'un certain nombre de fossiles (Échinodermes, Brachiopodes). D'autre part, de nombreux Bryozoaires du Bradfordien supérieur se retrouvent dans l'horizon T_3 , ce qui permet de conclure que cette dernière formation est le résultat du remaniement des argiles du Cornbrash sur le calcaire de Langrune qui constitue le sous-sol.

Origine des éléments constituant le Fauvet (T_2). — L'examen microscopique d'argile callovienne d'un échantillon J^1 ramassé à la Briqueterie de Fresne d'Argence, dans le pays d'Auge (Pl. VII, fig. 1, 2. *Grossissement 25. Nicols croisés. Photographie en lumière polarisée*) montre que cette roche a un aspect identique à celui du Fauvet. Seule la couleur de la préparation est plus foncée, ce qui indique une plus forte teneur en argile.

Dans le Callovien nous retrouvons les mêmes éléments calcaires d'apparence anguleuse qui sont constitués par des débris de Bryozoaires et de Brachiopodes à canaux larges tapissés de calcite.

Les feldspaths plagioclases se signalent par la présence de l'albite. Les grains de quartz sont très abondants. Des granules de limonite, des paillettes de mica sont disséminés dans la préparation. La glauconie ainsi que les fossiles crétacés font totalement défaut.

Si on fait une pâte avec l'eau et l'argile, si on examine directement au microscope, le quartz se présente sous deux aspects :

a) Des gros grains très peu nombreux dont les angles sont légèrement émoussés.

b) Des petits éclats anguleux très abondants ayant jusqu'à 1/100 de millimètre de diamètre.

En définitive, à part la glauconie et les Foraminifères de la craie, tous les autres minéraux sont identiques à ceux du *Fauvet*.

Par décantations successives, j'ai enlevé une partie de l'argile d'un morceau de Callovien J¹. Après dessiccation du résidu à 80° pendant 1 heure, j'ai obtenu une terre argilo-sableuse ayant le même aspect que le *Fauvet*. Au microscope, il est impossible de distinguer cette préparation du *Fauvet*.

Il résulte de l'étude micrographique que le *Fauvet* provient de l'altération sur place de l'argile callovienne qui recouvrait autrefois la région. Un remaniement ultérieur a déposé des éléments appartenant à d'autres étages, en particulier au Cénomanien.

Analyse chimique. — La moyenne de plusieurs analyses portant sur 100 parties d'argile callovienne après 30 minutes de dessiccation à 85° a donné les résultats suivants :

Silice libre %.....	35,70
Silice combinée	22,50
Silice totale.....	58,20
Alumine.....	11,59
Oxyde de fer.....	4,41
Carbonate de chaux.....	18,50
Humus	2,00
Acide phosphorique total.....	0,05
Potasse.....	1,50
	96,25
Divers non dosés	3,75
	100,00

Origine des éléments constituant l'horizon T_1 (Rougeaut). — Nous retrouvons dans cet horizon les mêmes éléments que dans le Fauvet, et en plus, de nombreux minéraux provenant d'un massif cristallin ancien. La topographie générale de la région ayant une inclinaison N.-S., les quartz de filon, les quartzites, les feldspaths, etc., proviendraient du massif ancien qui borde au sud la Basse-Normandie. La forte teneur du Rougeaut en carbonate de chaux s'explique par la présence des fossiles du Bradfordien supérieur enlevés par l'érosion et déposés au milieu du dépôt argilo-sableux. A côté de ces calcaires on trouve aussi des débris de Crinoïdes, de Foraminifères, de Brachiopodes et de Mollusques tertiaires. M. BIGOT¹ a signalé ces fossiles dans les Faluns à *Orbitolites complanata* dans l'Éocène et dans les Faluns à *Bryozoaires* du Miocène. En résumé, le Rougeaut provient du remaniement du Fauvet avec un apport de minéraux de roches éruptives et de fossiles appartenant à des couches tertiaires.

II. Origine des limons a^{th} de la région de Bayeux. — L'horizon T_2 contient des minéraux provenant des argiles calloviennes. En particulier de nombreux éclats de quartz, des grains de limonite qui ont les mêmes formes et les mêmes dimensions dans les deux roches.

La présence en grande abondance de paillettes de mica, de glauconie et la rareté des fossiles s'explique facilement si on admet que ces éléments proviennent de la craie cénomaniennne; or dans le Cotentin² MM. VIEILLARD et DOLLFUS ont signalé un faciès littoral formé de sables et grès glauconieux et micacés souvent silicifiés, très peu fossilifères.

L'horizon T_2 résulterait donc du remaniement des marnes argileuses calloviennes et de la roche sous-jacente (Mâlière) avec un apport assez considérable d'éléments crétacés.

L'horizon T_1 , qui constitue la terre arable, est identique à l'horizon T_2 , toutefois on y observe de nombreux éléments provenant de roches éruptives. Ces minéraux ont été arrachés au massif ancien situé au sud du Bessin, puis transportés par l'eau ou par le vent et déposés après remaniement parmi les éléments de l'horizon T_2 qui existait à cette époque.

III. Origine des limons a^{th} de la région de Grangue (pays d'Auge). — Ces limons sont à une hauteur d'environ 133 mètres et reposent sur l'argile à silex, qui est un produit d'altération cénomaniennne.

1. BIGOT (A.), *Géologie de la presqu'île du Cotentin*, Cherbourg, 1905, p. 19.

2. VIEILLARD et DOLLFUS, *B. S. L. N.* (2), IX, 1875.

Les petits éclats de quartz extrêmement nombreux ainsi que les grains de glauconie ont les mêmes formes et les mêmes dimensions dans les limons et dans l'argile à silex. Ces éléments ne peuvent provenir que de la roche sous-jacente. L'horizon T_2 est le résultat du remaniement de l'argile à silex.

L'horizon T_1 est identique à T_2 , avec cette différence que les fragments de quartzite de feldspaths, les paillettes de mica sont très nombreuses, ce qui indique un apport assez considérable d'éléments enlevés au massif ancien bordant au sud le Pays d'Auge.

L'origine et la composition de ces limons ne permettent pas de les confondre avec les limons a^{th} de la plaine de Caen; on devrait les distinguer sur la carte géologique en les désignant par d'autres lettres.

Age des limons, processus de leur formation. — Il est difficile de fixer l'âge des limons du Pays d'Auge et du Bessin, car dans ces formations on n'a jamais signalé d'ossements fossiles ou de débris d'industrie humaine permettant de les dater avec certitude. Ce qui complique la solution de cet important problème, c'est que dans le Pays d'Auge comme dans le Bessin les géologues ne sont pas d'accord pour situer l'époque où s'est formée la roche qui porte les limons.

Pour certains, l'argile à silex est un dépôt éocène, pour d'autres, au contraire, c'est le résultat de la décalcification de la craie par les eaux météoriques du Tertiaire. Une grande incertitude règne à cet égard; toutefois l'analogie dans la disposition stratigraphique de ces différents limons ainsi que la faune que l'on rencontre dans le *Rougeaut* et le *Fauvet* permettent de voir dans ces dépôts des formations quaternaires.

Les ossements signalés par M. J.-A. EUDES-DESLONGCHAMPS à la base du *Fauvet*, de Fontaine-Henry, Venoix, Luc-sur-Mer¹, appartiennent aux espèces suivantes: *Rhinoceros tichorinus*, *Elephas primigenius*. D'autre part, les restes d'industrie humaine décrits par M. BIGOT² dans la même formation sont de l'époque moustérienne. La présence de ces outils préhistoriques et leur association avec les animaux que nous venons d'énumérer montrent que les dépôts argilo-sableux du *Fauvet* appartiennent au Pléistocène moyen.

C'est l'époque du principal remplissage des cavernes et de la formation

1. EUDES-DESLONGCHAMPS (J.-A.), *Mémoire sur de nombreux ossements de mammifères fossiles de la période géologique dite diluvienne trouvés aux environs de Caen*: Mém. Soc. Linn. Norm., XII vol., 1861, 12 pl.

2. BIGOT (A.), *Récentes découvertes d'objets préhistoriques aux environs de Caen*, 1886, p. 5.

des grandes masses de limons ou lœss de notre pays. Les origines de ces deux sortes de terrain étant tout à fait analogues, c'est aussi l'époque du creusement ou du remblaiement final des vallées de l'avant-dernier modèle de la topographie actuelle¹.

Le climat de cette période était froid et humide. « Ce qui domine tout à nos yeux, c'est l'évidence du ruissellement, et il nous semble que le lœss apporte la preuve décisive d'un régime de pluies diluviennes ayant régné pendant certaines phases de l'époque pléistocène². »

Les géologues normands sont unanimes pour attribuer à l'eau le rôle principal dans la formation des limons *a^{1b}* de la plaine de Caen. A cet égard, on peut citer l'opinion de MM. DE MAGNEVILLE, DE CAUMONT et surtout de J.-A. EUDES-DESLONGCHAMPS³. Pour ces savants, la région était recouverte par une immense nappe d'eau bourbeuse coulant du sud au nord, car on retrouve encore, sur les bords des vallées des rivières, des fragments roulés de roches anciennes, telles que : grès de May, grès feldspathiques, poudingues siluriens et précambriens, granites. « C'est ce même courant, avec ses fragments de rochers, qui a creusé la vallée de l'Orne depuis Étavaux et Maltot jusqu'à la mer, pendant et à la suite d'une débâcle venant du sud⁴. »

Une preuve indiscutable du rôle prépondérant joué par l'eau réside dans la façon dont étaient groupés les ossements fossiles signalés par J.-A. EUDES-DESLONGCHAMPS sur la rive gauche de la Mue :

« Je ne pouvais revenir de mon étonnement en voyant la petite étendue entamée du banc où tant d'os ont été ramassés; en la supposant horizontale, elle aurait à peine 50 mètres carrés; et ce n'est que sur deux points seulement que les os étaient rassemblés en groupes, chacun d'eux ayant à peine 2 ou 3 mètres de surface. Pour se rassembler ainsi, il faut que les os aient été rapprochés les uns des autres, comme les feuilles sèches que le vent fait tournoyer; c'est-à-dire que les eaux, sur ces points, tournoyaient par l'effet d'un remous, et rassemblaient ainsi en groupe tous les ossements qui se trouvaient dans leur sphère d'activité⁵. »

La présence dans le *Fauvet* et le *Rougeaut* de petits cailloutis déposés en bancs horizontaux établit d'une façon certaine la part importante de l'eau dans le processus de formation de ces limons.

1. M. BOULE, *les Hommes fossiles, éléments de paléontologie humaine*, Masson et C^{ie}, 1921, in-8°.

2. DE LAPPARENT (A.), *Traité de géologie*, 5^e édit., p. 1699.

3. EUDES-DESLONGCHAMPS (J.-A.), *loco cit.*

4. EUDES-DESLONGCHAMPS (J.-A.), *loco cit.*, p. 15.

5. EUDES-DESLONGCHAMPS (J.-A.), *loco cit.*, p. 14.

CLASSIFICATION DU QUATERNAIRE

DIVISIONS GÉOLOGIQUES			PHÉNOMÈNES ET FORMATIONS GÉOLOGIQUES
Quaternaire.	Hologène ou actuel.		Alluvions récentes. Tourbières. Climat voisin de l'actuel.
		Supérieur.	Dépôts supérieurs des grottes. Partie supérieure du lœss. Climat froid, sec, régime de steppes ou de toundras. Phase post-glaciaire.
	Pléistocène.	Moyen.	Grands dépôts de remplissage des cavernes. Lœss. Alluvions des bas niveaux seulement. Moraine de la dernière grande glaciation. Climat froid, humide.
		Inférieur.	Vieilles alluvions des cavernes. Alluvions des terrasses moyennes et inférieures. Tufs calcaires. Grande phase interglaciaire. Climat doux. Moraine de l'avant-dernière grande phase glaciaire.
Tertiaire.	Pliocène.	Supérieur.	Alluvions des Plateaux. Grande phase interglaciaire. Grande phase glaciaire.

Il est prouvé aujourd'hui que l'époque pléistocène a vu une période de froid et de grande humidité, car le développement des glaces exige d'abondantes précipitations. Le ruissellement seul n'est pas suffisant pour expliquer la genèse des limons, un autre phénomène a joué un rôle important, c'est : l'abaissement du niveau de base qui a commencé à l'aurore

DE M. MARCELLIN BOULE

CARACTÈRES PALÉONTOLOGIQUES	DIVISIONS ARCHÉOLOGIQUES			HOMMES FOSSILES
Espèces actuelles du pays même. Animaux domestiques.	MÉTAUX { Fer. Bronze. Cuivre. NÉOLITHIQUE Époque de transition : Azilien.			<i>Homo sapiens.</i>
Faune de steppes. Époque du Renne. Faune de toundras.	Paléolithique.	Supérieur.	Magdalénien.	Race de la Chancelade.
Epoque du Mammouth. <i>Elephas primigenius.</i> <i>Rhinoceros</i> Etc.			Solutréen.	<i>Homo sapiens fossilis.</i> Race de Cro-Magnon.
Epoque de l'Hippopotame. <i>Hippopotamus</i> <i>Amphibius.</i> <i>Elephas antiquus.</i> <i>Rhinoceros</i> <i>Mercki.</i>			Aurignacien.	Race de Grimaldi.
			Moustérien.	<i>Homo Neanderthalensis.</i>
		Inférieur.	Acheuléen.	<i>Homo Dawsoni.</i>
Epoque de l'Éléphant méridional. <i>Elephas meridionalis.</i> <i>Rhinoceros etruscus</i> <i>Equus Stenonis.</i>			Chelléen.	<i>Homo Heidelbergensis.</i>

des temps quaternaires et qui s'est poursuivi jusqu'à la période néolithique¹.

Les changements du niveau relatif des terres et des mers étant un facteur important des lois de l'érosion fluviale, nous allons examiner

1. Dans ce travail j'ai adopté la classification des temps quaternaires de M. Boule.

rapidement les principales oscillations qu'a subies la Basse-Normandie pendant le Quaternaire.

Le début de cette époque en Basse-Normandie fut marqué par une émergence suivie par un mouvement d'immersion. Les traces de ce dernier mouvement, d'abord faible, ont été signalées par M. BIGOT¹ dans la partie inférieure des terrasses pléistocènes de la Hague. Ces dépôts, riches en instruments chelléens, ont été déposés par une mer froide. On trouve à Aurigny et à Saint-Aubin des dépôts du même genre.

La deuxième partie du mouvement d'émergence fut beaucoup plus considérable, car elle a mis à sec l'emplacement actuel de la Manche, permettant même à l'homme de s'y établir. Pendant cette période, l'érosion fut très active. Au-dessus du dépôt marin, il se forma dans la Hague un dépôt de blocs anguleux qui correspond à une recrudescence de l'énergie des phénomènes continentaux². Le creusement des vallées, les phases de rajeunissement dans leur profil transversal et longitudinal sont le résultat de ce mouvement de surrection. L'histoire physique de la vallée de l'Orne, mise en lumière par les travaux de M. BIGOT, montre l'importance de ces oscillations. Ce savant a montré l'existence de quatre terrasses.

La première, constituée par des galets de grès de poudingues siluriens et précambriens, de silex jurassiques, « représente le dernier terme d'un travail qui s'est effectué depuis le moment où la région exondée est devenue continentale, c'est-à-dire très probablement depuis la fin du Crétacé. L'âge de ces dépôts est difficile à déterminer. Si, en effet, la transgression marine du Cénomaniens et du Sénonien s'est étendue sur la région, il ne semble pas que les mers tertiaires soient venues l'occuper; elle est demeurée continentale pendant le Tertiaire; soumise à l'action chimique des eaux d'infiltration qui, décalcifiant la craie, ont aidé à la destruction du manteau crétacé par les eaux superficielles, en sorte que, en dehors du Cénomaniens et du Campanien du bassin du Cotentin, le Crétacé n'est représenté sur le massif primaire et sur le Jurassique inférieur que par un petit lambeau d'argile à silex à Framonville (Manche) et un témoin du Cénomaniens au Plessis Grimault (Calvados), ce dernier ayant été protégé par un éboulis d'argiles du Silurien supérieur³. »

1. BIGOT (A.), *Sur les dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie* : C. R. Ac. sciences, t. CXXV, p. 380, 1896.

2. Id., *ibid.*

3. A. BIGOT, *La Vallée de l'Orne aux environs de Caen* (Extrait des comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes en 1898, Sciences, p. 2.

La terrasse II, située à 15 mètres au-dessous du cours de l'Orne actuel, est formée par des galets de fond (granite de Vire, grès du Précambrien, grès de May); ces blocs sont recouverts par des sables et par des limons d'alluvionnement et de débordement surmontés par des limons de ruissellement. Dans ces limons supérieurs, M. BIGOT a recueilli des coups de poing de forme assez variée, taillés à petits éclats, ainsi qu'un fragment de petite pointe, retouché au bord sur une des faces; c'est la forme typique des pointes moustériennes.



FIG. 22. — L'Orne aux environs de Saint-André de Fontenay.

L'association de ces instruments caractérise l'Acheuléen, période contemporaine de la faune à *Elephas primigenius* et à *Rhinoceros tichorinus*. Les limons de cette terrasse sont de la même époque que le Fauvet; ils contiennent les mêmes vestiges fossiles du Pléistocène moyen.

La terrasse III, à 3 mètres au-dessus de la rivière, est recouverte par des limons identiques à ceux du niveau précédent.

La dernière terrasse a sa base au-dessous du niveau actuel de la vallée

(35 mètres à Ouistreham). Dans les galets inférieurs on découvrit en 1787 une pirogue renversée sur un squelette dont le crâne, vraisemblablement néolithique, a été étudié par M. HAMY¹. Plus tard on découvrit encore d'autres squelettes.

« Les observations bien connues qui ont été faites dans le nord de la France permettent de fixer vers la fin du troisième siècle de l'ère chrétienne le moment où la mer a submergé les tourbières littorales, envahi l'extrémité inférieure des vallées et superposé aux alluvions tourbeuses les tangues d'estuaire. Mais ce phénomène ne correspond qu'à une accentuation de l'affaissement, déjà suffisant à la fin de l'époque néolithique et à l'âge du bronze pour permettre l'établissement de tourbières sur le littoral et dans le cours inférieur des vallées. L'existence de tourbières sur ces points suppose que la pente était alors suffisamment faible pour que l'érosion et le charriage fussent suspendus et remplacés par un travail d'alluvionnement². Le mouvement d'affaissement qui paraît se continuer à l'heure actuelle existait déjà à l'époque néolithique. L'établissement des tourbières sur le littoral et dans le cours supérieur des vallées en sont la meilleure preuve.

Le relèvement du niveau de base, dont les variations du lit de l'Orne ne sont qu'un cas particulier, eurent leur répercussion sur les lignes de rivage. On retrouve des traces de la conquête marine dans le *Manuscrit du chanoine* qui, décrivant l'inauguration du sanctuaire construit sur le Mont Saint-Michel, raconte que des messagers venant du Monte Gargano, en Italie, où ils étaient allés chercher des reliques, entrèrent à leur retour « dans un monde nouveau, car ils avaient laissé les lieux pleins d'épaisses broussailles³ ». Certains auteurs expliquent cette phrase par l'invasion des eaux qui aurait submergé la terre ferme couverte à cette époque de broussailles. De nombreuses polémiques se sont élevées à ce sujet, car le défrichement du Mont Saint-Michel paraît donner un sens beaucoup plus plausible à la phrase ci-dessus. Des textes du dixième siècle font mention de « la fatale marée de l'an 709 », d'autres « d'une mer très éloignée qui s'éleva peu à peu ». Il existe une grande incertitude sur l'interprétation des textes anciens⁴. Il en est de même des traditions relatives à la forêt

1. HAMY (E.-T.), *Notes pour servir à l'anthropologie préhistorique de la Basse-Normandie. — Le crâne du pont de Vaucelles* (extr. B. S. A., Paris, Hennuyer, 1879).

2. BIGOT (A.), *Notes pour servir à l'histoire physique de la vallée de l'Orne, I, Les Anciennes terrasses de Feugerolles*, p. 161.

3. MANUSCRIT DU CHANOINE, conservé au Mont-Saint-Michel, cité dans POTICHE et dans CHÉVREMENT.

4. De FÉLICE, *La Basse-Normandie, Étude de géographie régionale*, 1907, p. 45.

de Scissey (île Chausey), qui était éloignée de six milles des flots de l'Océan. Une charte de 1203 mentionne qu'en l'an 1203 les Ecréhous se trouvèrent séparés de la France par l'invasion de la mer : Le seigneur du Pratel en fit don aux moines pour bâtir une église, « attendu, dit la charte de fondation, que les habitants ne peuvent plus venir entendre la messe à l'église de Portbail en Cotentin. » Des traces de voies romaines, des sépultures préhistoriques qui se trouvent à 6 mètres sous les quais à Saint-Servan, prouvent l'avance de la mer qui se poursuit à l'heure actuelle dans ces régions.

Si une partie de la côte de la Basse-Normandie s'affaisse lentement, inversement la région des marais de la Dives et de la vallée d'Auge est une conquête récente sur la mer.

« Dans le *Roman de Rou*, le chroniqueur ROBERT WACE¹ nous montre le Danois AIGROLD abordant avec sa flotte à Varaville :

Dreit là a Dive cheit en la mer...

Là u Dive entre en mer assez près de Bavent.

« Quelques-uns de ses vaisseaux avaient même flotté jusqu'à Corbon.

Li lieu a non Salins Corbum.

« Ainsi au treizième siècle, au moment où écrivait WACE, Bavent, qui est à près de 7 kilomètres de la côte, aurait été « assez près » de l'embouchure de la Dives. Mais que veut dire « assez près » sous la plume d'un chroniqueur-poète ?

« WACE parle des salines de Corbon, localité qui est aujourd'hui à 18 kilomètres de la côte. Les chartes de l'abbaye de Troarn font mention de salines à Robehomme et à Varaville². Ces salines existaient encore à Varaville au début du quatorzième siècle. Dudon de Saint-Quentin fixe la rencontre de Hagrold et de Louis IV d'Outremer *ad littora salinæ Corbonis*³. »

En définitive, on peut affirmer que, depuis le début des temps quaternaires jusqu'à l'époque actuelle, la Basse-Normandie a subi de nombreuses oscillations du niveau de base, qui se traduisent par les terrasses des rivières et par le déplacement des lignes du rivage. Les mouvements positifs et négatifs du sol, ainsi que le régime diluvien de la période pléis-

1. WACE (R.), *Roman de Rou*, loco cit.

2. SAUVAGE (R.-N.), *L'Abbaye de Troarn au diocèse de Bayeux, des origines au seizième siècle* : *Mém. Soc. Antig. Normandie*, 4^e série, 4^e vol. t. XXXIV de la collection, 1911, p. 247 et suiv., et p. 262.

3. BIGOT (A.), *La Basse-Normandie* : *Revue de géographie annuelle*, p. 34.

tocène, me permettront d'émettre une hypothèse sur le processus de formation des limons.

L'examen micrographique des sols des environs de Caen et de Bayeux montre qu'à la fin du Tertiaire, c'est-à-dire au moment où l'Orne déposait les galets de la première terrasse, la région, débarrassée presque partout de son manteau crétacé, avait encore sa couverture argilo-marneuse du Callovien. Ces derniers sédiments n'étaient pas uniformément répartis, car en de nombreux endroits ils devaient manquer. Un réseau hydrographique important sillonnait alors la région. Peu à peu le niveau de base commença à baisser, et d'abondantes précipitations prirent naissance. L'eau de pluie délayait les argiles, les étendant en un manteau uniforme sur les grandes surfaces faiblement inclinées. De nos jours on peut observer des coulées de boues. A cet égard, on peut noter qu'à la suite de la fonte des neiges « il se produisit au village d'Arbin, près de Chambéry (Savoie), en 1890, un flot de boue sableuse épaisse qui coula presque dans les rues, s'entassant autour des bâtiments jusqu'à une hauteur de 2 mètres. Quarante maisons furent ainsi envasées par cette avalanche de sables vaseux, qui ne cessa qu'après la fin des eaux torrentielles¹. » Des catastrophes semblables se produisirent en 1896 à Kienholtz (Suisse), en 1897 à Thones (Savoie) et en 1902 à Grisy-sur-Isère.

Les coulées de boues ont dû jouer un grand rôle dans la formation des limons; mais à ce phénomène de solifluction devait s'ajouter le remaniement des eaux de débordement qui se signalent à l'heure actuelle dans les limons par petits bancs de graviers et de cailloutis. Au moment des crues, toute la région était recouverte par des eaux bourbeuses dont le niveau présentait peu de différence avec celui de la mer. Les ossements des animaux fossiles du *Fauvet* se sont déposés à cette époque. Cette période, marquée par des oscillations négatives du niveau de base, voit les rivières s'approfondir (terrasses II et III de l'Orne à Feuguerolle). Le régime diluvien continuant, le limon de ruissellement recouvrit les terrasses au fur et à mesure de leur formation. Le niveau de base baissant toujours, les principales vallées se creusèrent, entraînant comme conséquence un abaissement de la nappe située au-dessous des plateaux qui séparent les vallées, par suite dans chacune d'elles il y eut un déplacement des sources vers l'aval.

Dans certains cas cet abaissement a été suffisant pour supprimer tout

1. JULES GIRARD, *L'Evolution comparée des sables*, Paris, 1903, p. 20.

cours d'eau permanent dans la vallée affluente; son creusement s'est trouvé arrêté, et elle est tronquée à l'aval par la vallée de l'émissaire principal.

D'autre part les cours d'eau les plus puissants ont poussé leur vallée à l'encontre de celle des affluents moins importants, qui ont été décapités, et l'activité du cours d'eau ainsi amoindri s'est diminuée d'autant que s'accroissait celle de l'émissaire qui l'a capturé¹. Le mouvement d'élévation de la région fut la cause de la mise à sec de nombreuses petites vallées affluentes. Les alternances de froid et de pluies abondantes continuant, les vallées sèches furent remblayées peu à peu. Pendant que ces phénomènes se produisaient, les cours d'eau existant approfondissaient la vallée principale et élargissaient de plus en plus leur bassin de réception. Le travail de l'érosion tendant à faire disparaître les irrégularités du profil, les rivières arrachèrent au massif ancien situé au sud un grand nombre de roches siluriennes, les entraînant vers l'embouchure.

Le manteau argilo-marneux callovien ayant disparu en partie par suite de délavages successifs, les pluies s'attaquèrent par endroits aux couches calcaires du Bradfordien supérieur. C'est ce qui explique la présence dans le *Rougeaut* de fossiles appartenant au Bradfordien supérieur. Les eaux entraînent en même temps de nombreux éléments enlevés à des affleurements de roches éruptives que l'érosion venait de mettre à nu. Ces nouvelles boues se déposèrent sur les formations déjà existantes du *Fauvet*, formant une couche limoneuse riche en calcaire et en fragments de roches anciennes.

L'horizon *T₁* du Bessin appartient, avec le *Rougeaut*, à cette nouvelle période caractérisée par le recul des têtes des vallées et par le remaniement de débris enlevés à des assises que l'érosion avait protégées jusque-là.

En définitive, les limons *à^{1b}* de la plaine de Caen et du Bessin auraient commencé à se déposer au début du Pléistocène moyen. Leur processus de formation serait intimement lié à la composition argilo-marneuse du sol du début des temps quaternaires et à l'abaissement considérable du niveau de base concomitant au régime diluvien de cette période.

Pays d'Auge.— Les phénomènes que nous venons de décrire se sont reproduits d'une façon identique dans le pays d'Auge, avec cette différence

1. A. BIGOT, *loco cit.*, p. 166.

toutefois qu'à la fin du Tertiaire la région était recouverte d'un manteau argileux constitué par l'altération de la craie cénomaniennne. Les pluies torrentielles du Pleistocène moyen délavèrent la roche sous-jacente pour former des boues qui déposèrent sur place les particules siliceuses qu'elles tenaient en suspension. Quand l'érosion eut enlevé dans les parties élevées de l'arrière-pays une partie des argiles et que des ilots anciens furent mis à jour, les eaux arrachèrent aux massifs siluriens des fragments de roches et des éléments de minéraux que nous retrouvons dans l'*horizon supérieur* T_1 .

CHAPITRE IV

CONSTITUTION ET ORIGINE DES LIMONS DE LA HAGUE

Les limons de la Hague recouvrent les parties élevées de la région. Leur origine a été pendant longtemps mal connue, les géologues émettant des théories en se basant uniquement sur des hypothèses.

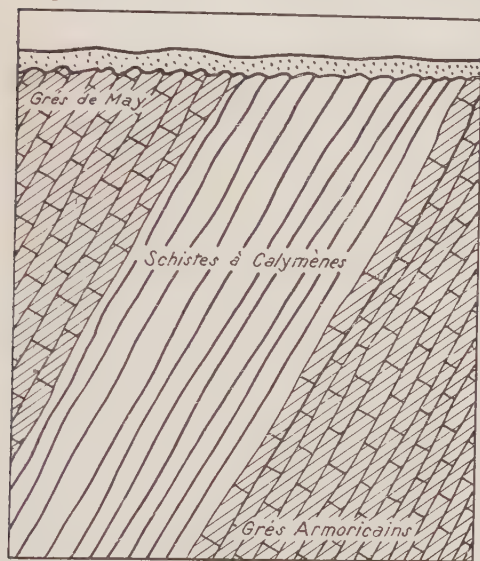


FIG. 23. — Coupe schématique des formations ordoviciennes de la Hague.

Sous la direction de mes maîtres, MM. BIGOT, GENTIL, j'ai prélevé de nombreux échantillons dans différents endroits de la Hague, j'ai étudié au microscope polarisant la composition minéralogique de ces sols, ce qui me permettra, en terminant ce chapitre, d'expliquer scientifiquement les processus de formation de ces limons.

Limons de la lande de Jobourg.

— *Mode de gisement.* — Les limons de cette région reposent sur des assises de l'Ordovicien moyen et supérieur. Au sud, à l'est et à l'ouest, on ne rencontre que des *Schistes à Calymènes*. Au contraire, sur la bordure nord de la lande,

l'érosion a enlevé la couverture schisteuse pour mettre à nu des lambeaux de *Grès Armoricains*.

. *Description micrographique.* — Échantillons prélevés sur la route de Jobourg à Beaumont près de la cote 180.

SCHISTE A CALYMÈNES. (Pl. XI, fig. 4. Lumière polarisée. Nicols croisés.

Grossissement 25.) — La préparation examinée en lumière naturelle a une couleur jaune foncée constituée par une masse argileuse abondante formant ciment. En lumière polarisée on aperçoit un grand nombre de petits éclats de quartz très anguleux, de nombreuses paillettes de mica, ainsi que des baguettes de rutile. La limonite forme de multiples taches d'imprégnation et constitue la matière des fossiles.

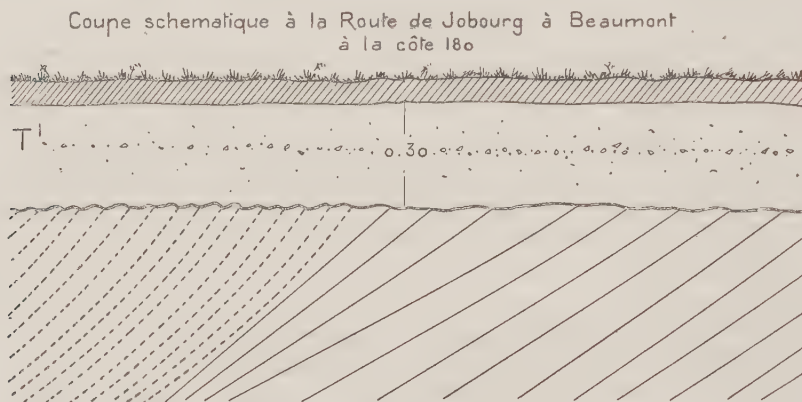


FIG. 24. — Horizon T_1 recouvrant les schistes à calymenes.

HORIZON T_1 . (Pl. XI, fig. 1, 2, 3. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.) — Cet horizon est formé de quartz nettement roulés, les plus gros grains ayant jusqu'à 1/10 de millimètre de diamètre. Les petits éclats très anguleux sont abondants. Quelques-uns de ces minéraux renferment des inclusions de rutile et de zircon. Les feldspaths sont bien représentés, en particulier par des fragments de microcline et d'oligoclase. Le mica blanc sous forme de petites écailles est très abondant. Une gaine argileuse importante cimente tous ces minéraux.

Limons des environs de Sainte-Croix-Hague. — *Mode de gisement.* — Ces limons reposent sur les grès feldspathiques de couleur claire du Cambrien supérieur. A Sainte-Croix-Hague, les grès sont utilisés pour faire des moellons et des pierres de taille. Les limons qui les recouvrent servent à la fabrication de mortiers.

GRÈS FELDSPATHIQUE. (Pl. X, fig. 4. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.) — On aperçoit de gros éléments de quartz à angles vifs peu roulés ($d=0^{\text{mm}},2$ à $0^{\text{mm}},3$).

De nombreux individus sont entourés d'une auréole secondaire importante présentant une ligne d'impuretés isolant le minéral primitif. Les petits grains de quartz ($d=0^{\text{mm}},05$) sont très nombreux. Il en est de même de petits agrégats formés de multiples particules.

Les feldspaths sont abondants, en particulier le microcline, l'oligoclase et l'orthose, dont certains minéraux ont les bords altérés et transformés en kaolin.

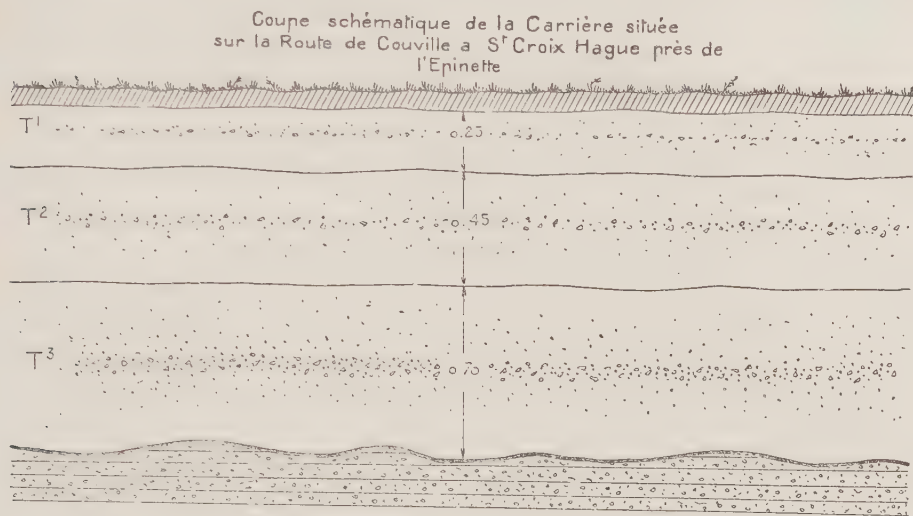


FIG. 25. — La coupe ci-dessus montre la succession des horizons T_1 , T_2 , T_3 , résultant de l'altération du grès feldspathique qui est à la partie inférieure.

La préparation contient quelques paillettes de mica blanc, des débris fragmentaires de minerais lourds (rutile, zircon, tourmaline) et de nombreux corps oolithiques homogènes avec structure concentrique constituée par de la limonite.

Un ciment kaolinique et pyriteux entoure ces minéraux.

HORIZON N° 3. (Pl. X, fig. 3. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.)

— On trouve dans cette assise les mêmes minéraux dans les grès feldspathiques que je viens de décrire. Toutefois plusieurs remarques s'imposent :

a) Les éléments de quartz sont nettement roulés, car sur aucun individu on ne constate d'angle vif. La grosseur moyenne de ces grains est assez forte, $0^{\text{mm}},2$ à $0^{\text{mm}},3$. Les petits éclats font totalement défaut.

b) Le ciment kaolinique a disparu, il a été entraîné et dissous. A sa

place on trouve des nodules argileux et des masses d'hématite brune assez abondantes.

c) Les fragments de grès *feldspathique* que l'on voit renferment des vides nombreux. L'altération des feldspaths y est poussée beaucoup plus loin que dans les grès.

HORIZON N° 2. (Pl. X, fig. 2. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.)

— L'aspect de cette plaque mince est différent de la précédente. Ici les gros éléments de quartz sont rares, et les petits éclats abondants.

L'altération des fragments des grès *feldspathiques* est poussée très loin. L'argile est moins abondante, et la teneur en fer de cet horizon est inférieure au précédent.

HORIZON N° 1. (Pl. X, fig. 1. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.)

— Même composition minéralogique et même structure des éléments que dans l'horizon n° 2. Toutefois les fragments de grès *feldspathique* sont plus rares, et les grains sont complètement kaolinisés.

Limons situés entre Vasteville et Riglon (cote 140). — *Mode de gisement.* — Les limons reposent sur les grès *armoricains* de l'Ordovicien supérieur. Cette roche forme un horizon « très bien caractérisé de quartzite en gros banc dont l'affleurement, morcelé par des failles transversales, se suit cependant avec une grande continuité. Il fournit la plus grande partie des matériaux d'empierrement utilisés dans la région¹ ».

GRÈS ARMORICAIN. (Pl. IX, fig. 4. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.) — Cette roche présente un petit nombre de grains de quartz bien calibrés, moulés les uns sur les autres par suite d'un nourrissage important des grains de sable primitifs. Cet accroissement secondaire est nettement visible chez certains individus, où il est mis en évidence par une auréole d'impuretés entourant les grains clastiques de quartz. L'extinction onduleuse chez quelques éléments intéresse aussi la silice secondaire; la majeure partie des grains de quartz présente un liséré ferrugineux nettement visible. En se basant sur la classification des grès et des quartzites de M. L. CAYEUX², on peut ranger la roche que je viens de décrire dans la catégorie des quartzite-grès.

La préparation met en évidence des nodules argileux, des grains arron-

1. Notice explicative de la carte géologique des Pieux.

2. L. CAYEUX, *Etude des gîtes minéraux de la France. Structure et origine des grès du Tertiaire parisien*, p. 84-85.

dis de zircon peu abondants, et des fragments assez rares de rutile et de tourmaline en cristaux brisés et roulés.

HORIZON N° 2. (*Planche VIII, fig. 4. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.*) — Les gros éléments de quartz peu abondants d'un diamètre supérieur à 1/10 de millimètre sont nettement roulés. Au contraire les petits éclats anguleux sont très nombreux. On observe aussi des fragments plus ou moins roulés de grès armoricain et de grès de May reconnaissables à la forme dentelée des quartz associés à de rares cristaux de feldspaths plagioclases (orthose, oligoclase). Les paillettes de mica sont très abondantes.

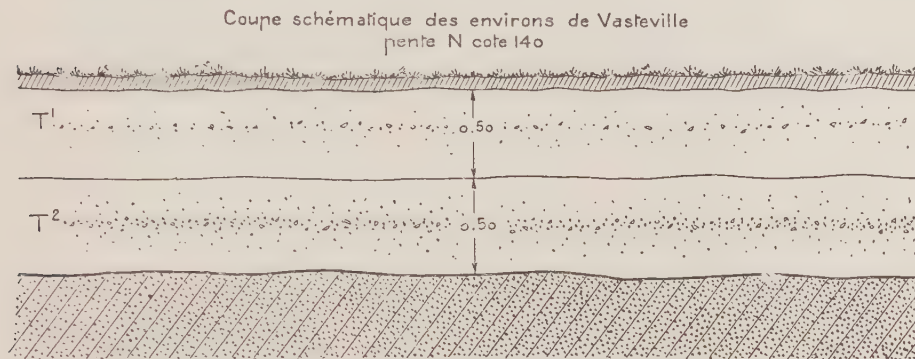


FIG. 26. — Horizons T_2 et T_1 , reposant sur le grès armoricain.

L'hydroxyde de fer en grande quantité colore la préparation en jaune sale. Des cristaux fragmentaires de zircon, de rutile et de tourmaline sont disséminés sur toute la plaque.

HORIZON N° 1. (*Planche VIII, fig. 3. Lumière polarisée. Grossissement 25.*) — L'aspect de cette coupe est identique à celui de la précédente, et les minéraux que l'on y rencontre sont les mêmes. Seul l'hydroxyde de fer est moins abondant, ce qui rend la préparation plus claire.

Limons des environs de la Madeleine et du Grand Hameau. — *Mode de gisement.* — Les limons assez épais de cette région reposent sur les grès de May (Ordovicien supérieur). « Cet étage contient plusieurs niveaux que la discontinuité des affleurements et la rareté des fossiles n'ont pas permis de séparer¹. » Les grès alternent avec des lits de schistes, et les schistes avec les petits bancs de grès.

1. Notice explicative de la carte géologique des Pieux.

GRÈS DE MAY. (Pl. IX, fig. 3. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.)

— Les quartz sont en grains irréguliers, les plus gros ayant $0^{\text{mm}},05$, et les plus petits $0^{\text{mm}},01$. Certains individus sont finement dentelés et découpés suivant une forme irrégulière. Certains sont remplis d'inclusions liquides leur donnant un aspect sale.

Des fragments de tourmaline, des baguettes de rutile sont inclus dans un petit nombre de minéraux de quartz. Le zircon est assez rare, et les paillettes de mica abondantes. Les feldspaths sont représentés par de beaux cristaux d'orthose et d'oligoclase.

Coupe schématique entre le Grand Hameau et la Madeleine

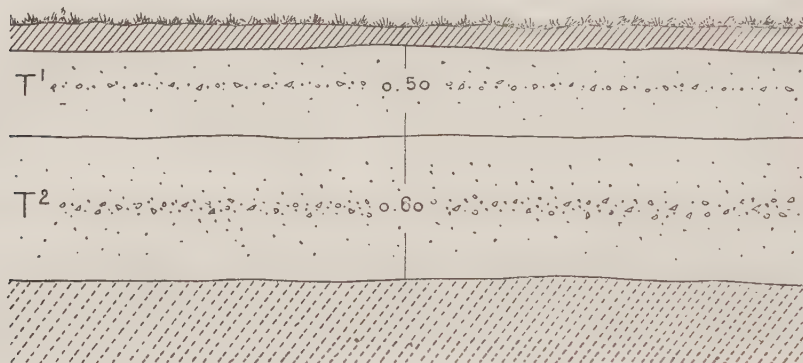


FIG. 27. — Grès de May recouvert par les horizons T_2 et T_1 .

L'hydroxyde de fer, assez abondant, forme des petits nodules de couleur foncée, il constitue un ciment abondant dans lequel sont noyés la plupart des grains de quartz. Nous nous trouvons en présence d'un grès ferrugineux.

HORIZON N° I. (Pl. IX, fig. 1, 2. Lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement 25.)

— Les grains de quartz plus ou moins roulés ont un diamètre variant de $0^{\text{mm}},01$ à $0^{\text{mm}},04$. Certains individus contiennent des inclusions de tourmaline, de fines baguettes de rutile et des fragments de zircon. Les petits fragments roulés de *quartzites de May* sont assez nombreux.

On trouve aussi des débris de feldspaths de faible dimension. Certains de ces grains détritiques sont en voie d'altération. Les paillettes de mica blanc sont abondantes, il en est de même de la masse argileuse qui englobe tous ces minéraux.

Processus de formation des limons. — Les limons de la Hague sont, d'après les auteurs de la carte géologique des Pieux, jaunâtres, argileux et non calcarifères. Leur formation par ruissellement est difficilement compatible dans beaucoup de cas avec leur situation culminante (179 m. à Flottemanville, point le plus élevé de la région). Ils peuvent représenter le dernier terme de l'altération sur place des dépôts crétacés ou tertiaires. L'étude micrographique que je viens de faire permet de conclure d'une façon toute différente. En effet, si on note l'emplacement des limons et la nature de la roche sous-jacente, on obtient le tableau suivant :

EMPLACEMENT DES LIMONS ^{a1b}	NATURE DE LA ROCHE SOUS-JACENTE
Limons de la lande de Jobourg, environs de la cote 180.	Au sud, à l'est et à l'ouest : schistes à Calymènes. Au nord : grès armoricain.
Limons couvrant les plateaux des environs de Sainte-Croix-Hague.	Au sud, à l'est, à l'ouest et au nord : grès feldspathiques.
Limons situés au nord de Flotte- manville (cote 179).	Au nord, à l'est et à l'ouest : grès feldspathiques. Au sud : grès armoricain.
Limons des environs de Riglon (cote 140).	Au nord, à l'ouest, au sud et à l'est : grès armoricain.
Limons des environs de Vasteville (cote 114).	Au nord, à l'est et à l'ouest : grès de May. Au sud : schistes à Calymènes.

Ce tableau montre que ce sont des roches anciennes (*Grès Feldspathiques*, *Grès Armoricain*, *Schistes à Calymènes*, *Grès de May*) qui supportent les limons. Nulle part on ne trouve d'assises secondaires ou tertiaires, et je n'ai pas observé de minéraux ou de fossiles appartenant à ces époques. La glauconie et les fossiles calcaires, par exemple, font totalement défaut. Cela étant admis, je vais résumer les conclusions qui s'imposent aux descriptions micrographiques que je viens de faire.

Limons de la lande de Jobourg. — Ces limons reposent sur les

schistes à Calymènes, et ce n'est qu'au nord qu'ils recouvrent les *grès armoricains*.

Les *grès de May* ont partout disparu; mais nous en retrouvons les éléments altérés et dissociés dans les limons (gros grains de quartz roulés avec inclusions de rutile, fragments de microcline et d'oligoclase).

Les limons de la lande de Jobourg renferment aussi de nombreux minéraux appartenant aux *schistes à Calymènes*, en particulier des petits éclats abondants de quartz et la masse argileuse dans laquelle sont noyés tous les minéraux.

En définitive, les sols de cette partie de la Hague sont le terme ultime de la dissociation de l'ancienne couverture gréseuse remaniée sur la surface altérée des *schistes à Calymènes*.

Limons de Sainte-Croix-Hague. — Tous les minéraux observés dans ces limons appartiennent aux *grès feldspathiques*. L'altération des éléments va en augmentant au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la roche d'origine. Le kaolin qui forme le ciment du *grès feldspathique* est absent dans les limons, car il a été entraîné et dissous. L'enrichissement en fer est maximum en profondeur, et il est minimum dans l'horizon supérieur.

Les limons des environs de Sainte-Croix-Hague ne peuvent être que le résultat de l'altération sur place de la roche sous-jacente.

Limons des environs de Riglon. — Les limons de Riglon reposent sur les *grès armoricains* de la base de l'Ordovicien. La couverture schisteuse et gréseuse de l'Ordovicien moyen et supérieur a disparu (voir coupe n° 23).

L'examen micrographique montre que ces limons contiennent des éléments empruntés :

a) Aux *grès de May* (fragments de grès de May, débris de feldspaths plagioclases (orthose, oligoclase);

b) Aux *schistes à Calymènes* (nombreux éclats anguleux, paillettes de mica blanc abondantes, hydroxyde de fer en grande quantité).

c) Aux *grès armoricains* (petits fragments de grès armoricains avec auréole secondaire nettement visible, fragments de rutile et de tourmaline en cristaux brisés et roulés.

Les limons de cette région sont donc constitués par des débris de *grès de May* et de *schistes à Calymènes* remaniés avec des éléments de *grès armoricain*.

Limons de la Madeleine et du Grand Hameau. — Les minéraux observés appartiennent tous au *grès de May*, les sols de cette région sont le résultat de l'altération sur place de cette roche.

Mes observations ne confirment pas l'opinion exprimée dans l'explication de la feuille géologique des Pieux. Je n'ai pu trouver de traces de fossiles secondaires ou tertiaires. Les limons de la Hague ne sont pas le dernier terme de l'altération de ces dépôts, ils sont au contraire le résultat du remaniement et de l'altération de roches anciennes appartenant soit au Cambrien supérieur (*grès feldspathiques*), soit de l'Ordovicien (*grès armoricain, schistes à Calymènes, grès de May*).

Age et processus de formation des limons. — L'âge des limons de la Hague ne doit pas être fixé à une période très reculée. Au début du Quaternaire, l'érosion avait nivelé la région, la transformant en une vaste pénéplaine, détruisant en grande partie les assises secondaires et tertiaires. A ce moment, la topographie surbaissée de la Hague ne permettait pas un ruissellement intense. A la suite des pluies abondantes du Pléistocène, les limons se formèrent par altération sur place et par remaniement sur la roche sous-jacente, le ruissellement jouant un faible rôle.

Quand la région subit l'abaissement du niveau de base mis en lumière par les travaux de M. A. BIGOT, les vallées actuelles se creusèrent, abandonnant les limons dans la position culminante qu'ils ont aujourd'hui.

1. BIGOT (A.), *Sur les Dépôts pléistocènes et actuels du littoral de la Basse-Normandie* : C. R. A. Sc. Paris, t. CXXV, p. 380, 1896.

CONCLUSIONS D'ENSEMBLE

Les sols de la Basse-Normandie que j'ai étudiés peuvent se répartir de la manière suivante :

PROVENANCE DES SOLS	NATURE	ORIGINE PROBABLE
PAYS D'AUGE.	Sols siliceux.	Altération de l'argile à silex et apport par ruissellement d'éléments de roches anciennes.
PLAINE DE CAEN.	Sols silico-calcaires.	Remaniement d'assises disparues (Callovien-oxfordien) avec vestiges de débris de l'ancienne couverture cénomaniennne et ruissellement ayant apporté des éléments de roches anciennes.
BESSIN.	Sols argilo-calcaires.	Altération de la roche sous-jacente et ruissellement ayant entraîné des éléments de roches anciennes.
LA HAGUE. Limos reposant sur : Grès de May. Schistes à Calymènes. Grès Armoricaïns. Grès Feldspathiques.	Sols siliceux. Sols argilo-siliceux Sols argilo-siliceux Sols argileux.	Limos provenant de l'altération et du remaniement : du Grès de May des Schistes à Calymènes + Grès de May des Grès armoricaïns + Schistes à Calymènes + Grès May. Arène d'altération des Grès Feldspathiques.

La plupart de ces sols sont des sols d'altération sur place, néanmoins d'autres phénomènes ont contribué à leur formation, en particulier :

a) *Le ruissellement sur la surface topographique de la fin du tertiaire*

avec entraînement de roches anciennes quand le système cristallin était mis à nu ;

b) Le régime diluvien et les nombreuses oscillations du niveau de base du Quaternaire ;

c) Le remaniement par solifluction et peut-être dans une faible mesure le transport éolien.

Je crois qu'il est impossible d'attribuer à une cause unique la formation des limons, les sols résultant à mon avis de l'action combinée des forces de la nature. Faire la part de chacune est un problème délicat ; mais l'intérêt de pareilles recherches est très grand, car il nous donne les éléments nécessaires à l'étude des variations du climat à l'époque quaternaire. En outre, l'étude détaillée des sols apporte un certain nombre de documents permettant de connaître les assises géologiques actuellement disparues.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	3
BIBLIOGRAPHIE	12
PREMIÈRE PARTIE	
CHAPITRE PREMIER. — <i>Aspect général et divisions naturelles de la Basse-Normandie.</i>	
<i>Différents sols.</i>	
Le Bessin	18
La campagne de Caen	22
Le pays d'Auge	28
Le Bocage	33
Le Cotentin	37
DEUXIÈME PARTIE	
CHAPITRE PREMIER. — <i>Les limons a^{1b} de la carte géologique de Caen.</i>	
Généralités	53
CHAPITRE DEUXIÈME. — <i>Constitution minéralogique et fossilifère des limons a^{1b} de la carte géologique de Caen.</i>	
Limon de la campagne de Caen	56
Limon du pays d'Auge	60
Limon du Bessin	62
CHAPITRE TROISIÈME. — <i>Interprétation des analyses micrographiques et chimiques. Les hypothèses relatives à la formation des limons a^{1b} de la carte géologique de Caen.</i>	
Exposé de la question ..	65
Origine des limons de la région de Luc-sur-Mer (campagne de Caen)	66
Origine des limons de la région de Bayeux	70
Origine des limons du pays d'Auge	70
Age et processus de leur formation	71
CHAPITRE QUATRIÈME. — <i>Constitution et origine des limons de la Hague.</i>	
Limon de la lande de Jobourg	81
Limon des environs de Sainte-Croix-Hague	82
Limon des environs de Riglon	84
Limon des environs de la Madeleine et du Grand-Hameau	85
Processus de formation des limons de la Hague	87
CONCLUSIONS D'ENSEMBLE	90

TABLE DES PLANCHES

[Toutes les photographies représentées dans les planches ci-dessous sont exécutées en lumière polarisée. Nicols croisés. Grossissement = 25.]

PLANCHE I. — Coupes du Rougeaut. Région de Luc-sur-Mer.

Fig. I.

- a) Grains de Quartz arrondis.
- b) Section transversale de tige de Crinoïde. Le fond de la coupe est constitué par des éclats de Quartz et des grains de Limonite assez nombreux.

Fig. II.

- a) Débris de Bryozoaire avec loges remplies d'oxyde de fer.
- b) Grains de Quartz légèrement roulés.

Fig. III.

- a) Grains de Quartz arrondis entourés de petits éclats abondants.
- b) Grains de Limonite.

Fig. IV.

- a) Débris de Bryozoaire avec loges remplies d'oxyde de fer.
- b) Grains de Quartz légèrement roulés.
- c) Feldspath plagioclase.

PLANCHE II. — Coupes du Fauvet. Région de Luc-sur-Mer.

Fig. I.

- a) Éclats de Quartz très nombreux constituant le fond de la préparation avec quelques grains de Limonite.

Fig. II.

- a) Fragment de Brachiopode : canaux tranchés obliquement.
- b) Petits éclats de Quartz très abondants.

Fig. III.

- a) Morceau de Calcite remanié renfermant des

débris de Mollusque, le tout en Calcite grise nue.

- b) Éclats de Quartz.
- c) Grains de Limonite.

Fig. IV.

- a) Morceau de calcaire remanié avec organismes fossiles provenant du Bathonien. Les loges sont remplies d'oxyde de fer.
- b) Éclats de Quartz abondants.

PLANCHE III. — Coupes de l'Horizon T₃. Région de Luc-sur-Mer.

Fig. I.

- a) Fragment de Bryozoaire avec loges remplies d'oxyde de fer.
- b) Gros éclats de Quartz assez rares.

Fig. II.

- a) Fragment de Brachiopode à structure prismatique, ondulée et fibreuse.
- b) Oolithe en limonite.
- c) Débris de Bryozoaire avec loges remplies d'oxyde de fer.

Fig. III.

- a) Fragment de Brachiopode à structure ondulée et fibreuse.
- b) Gastéropode dont l'intérieur est rempli d'oxyde de fer.

- c) Débris de Bryozoaire.
- d) Éclats de Quartz.

Fig. IV.

- a) Débris de Bryozoaire.
- b) Calcite secondaire en agrégats.
- c) Éclats de Quartz peu abondants.

PLANCHE IV. — Coupes du Calcaire de Langrune (Bathonien supérieur). Région de Luc-sur-Mer.

Fig. I.

- a) Bryozoaire avec loges remplies d'oxyde de fer.
- b) Ciment de Calcite à grains fins.
- c) Oolithe en limonite.

Fig. II.

- a) Fragment de Bryozoaire.
- b) Spicule calcifié.
- c) Calcite en agrégat de formation secondaire.

Fig. III.

- a) Fragment de Crinoïde.
- b) Pseudo-coccolithe (Algue calcaire).
- c) Agrégat de calcite de formation secondaire.

Fig. IV.

- a) Section d'une coquille de Lamellibranche.
- b) Calcite en agrégat de formation secondaire.
- c) Bryozoaire avec loges remplies d'oxyde de fer.

PLANCHE V. — Coupes de sols du Pays d'Auge (Echantillons prélevés à la Tuilerie de Grangue).

Fig. I-II : Argile à silex. — Fig. III-IV : Horizon T₂.

Fig. I-II.

- a) Ciment argileux colloïdal très abondant.
- b) Grains de Glauconie.
- c) Eclats de Quartz.

Fig. III-IV.

- a) Grains de Glauconie.
- b) Eclats de Quartz.
- c) Ciment argileux donnant une couleur foncée à la préparation.

PLANCHE VI. — Coupes de sols du Pays d'Auge (Horizon T₁). Echantillons prélevés à la Tuilerie de Grangue.

Fig. I.

- a) Petits grains de Quartz faiblement arrondis, entourés de nombreux éclats formant le fond de la préparation.

Fig. II.

- a) Gros grains de Glauconie.
- b) Petits grains de Quartz entourés d'éclats abondants.

Fig. III.

- a) Grain de Glauconie.
- b) Nodule argileux enveloppant de petits éclats de Quartz.
- c) Eclats de Quartz.

Fig. IV.

- a) Grain de Glauconie.
- b) Petits grains de Quartz entourés de nombreux éclats.

PLANCHE VII.

Fig. I-II : Coupes d'Argile callovienne de la briqueterie du Fresne d'Argence.

Fig. III-IV : Coupes de sols du Bessin (Horizon n° 1). Echantillons prélevés à 2 km. de Bayeux, sur la route de Bayeux à Juvigny.

Fig. I-II.

- a) Petits éclats de Quartz très abondants noyés dans un ciment argileux.

Fig. III.

- a) Fragment de Quartzite.
- b) Gros élément de Quartz à contours anguleux.

- c) Ciment argileux abondant enveloppant les Quartz.

Fig. IV.

- a) Élément de Quartz d'aspect nettement roulé.
- b) Feldspath plagioclase.
- c) Ciment argileux de couleur sombre

PLANCHE VIII.

Fig. I-II : Coupes de sols du Bessin (Horizon T₂). Echantillons prélevés à 2 km. de Bayeux, sur la route de Bayeux à Juvigny.

Fig. III-IV : Coupes de sols de la Hague (Horizon T₁, fig. 3; Horizon T₂, fig. 4). Echantillons prélevés aux environs de Riglon, pente N. de la cote 140.

Fig. I-II.

- a) Petits grains de Quartz très abondants d'aspect anguleux.
- b) Ciment argileux abondant.
- c) Paillettes de mica blanc.

Fig. III.

- a) Débris de grès armoricain à ciment ferrugineux.

Fig. IV.

- a) Quartz de filon.
- b) Petit fragment de Quartzite.
- c) Ciment argileux.

PLANCHE IX. — Coupes de sols de la Hague.

Fig. I-II-III : Échantillons prélevés entre la Madeleine et le Grand-Hameau (fig. 1-2, Horizon T₁; fig. 3, Grès de May).

Fig. IV : Coupe dans un grès armoricain des environs de Riglon, pente N. de la cote 140.

Fig. I-II.

- a) Gros éléments de Quartz d'aspect roulés.
- b) Fragments de Quartzites.
- c) Petits éclats de Quartz abondants.
- d) Paillettes de Mica.
- e) Masse argileuse enveloppant les éléments ci-dessus.

Fig. III.

- a) Quartz en grains irréguliers. Certains individus sont finement dentelés et découpés suivant une forme irrégulière. Certains sont remplis d'inclusions liquides leur donnant un aspect sale.

- b) Paillettes de Mica abondantes.

- c) Hydroxyde de fer formant des nodules de couleur sombre.

- d) Ciment ferrugineux entourant les Quartz. L'échantillon examiné est un grès ferrugineux.

Fig. IV.

- a) Grains de Quartz bien calibrés. Certains individus sont moulés les uns sur les autres par suite d'un nourrissage important des grains de sable primitifs. D'autres grains sont séparés par un fin liséré d'oxyde de fer. Nous nous trouvons en présence d'un Quartzite-grès.

- b) Nodule argileux d'hydroxyde-de fer.

PLANCHE X. — Coupes de sols de la Hague. Échantillons prélevés dans la carrière située sur la route de Couville à Sainte-Croix-Hague.

Fig. I : Horizon T_1 . — Fig. II : Horizon T_2 .

Fig. III : Horizon T_3 . — Fig. IV : Grès feldspathique.

Fig. I.

- a) Fragment de Grès feldspathique complètement altéré.
- b) Grains de Quartz abondants noyés dans une masse argileuse. Tous ces éléments proviennent de l'altération sur place du Grès feldspathique.

Fig. II.

- a) Fragment de Grès feldspathique très altéré.
- b) Grains de Quartz entourés d'un ciment argileux plus abondant que dans la coupe précédente.

Fig. III.

- a) Fragment de Grès feldspathique en voie d'altération.
- b) Grains de Quartz et argile provenant de l'altération sur place de la roche mère (Grès feldspathique).

Fig. IV.

- a) Tous les minéraux visibles dans le champ appartiennent au Quartz. Un ciment kaolinique abondant entoure les grains de Quartz.

PLANCHE XI. — Coupes de sols de la Hague. Échantillons prélevés sur la route de Jobourg à Beaumont près de la cote 180.

Fig. I-II-III : Horizon T_1 . — Fig. IV : Schiste à Calymène.

Fig. I.

- a) Masse argileuse englobant des grains de Quartz.
- b) Bâtonnet de Tourmaline en inclusion dans un Quartz.
- c) Éclats de Quartz abondants.
- d) Paillettes de Mica.

Fig. II.

- a) Gros éléments de Quartz arrondis.
- b) Petits éclats noyés dans un ciment argileux.

- c) Paillettes de Mica.

Fig. III.

- a) Fragment de Grès armoricain.
- b) Quartz entouré d'un ciment argileux.

Fig. IV.

- a) Petits éclats de Quartz.
- b) Paillettes de Mica.
- c) Masse argileuse abondante formant ciment.

PLANCHE XII. — Coupes de cailloux roulés prélevés dans les limons de Luc-sur-Mer.

Fig. I et III : Quartzite (cailloutis du Rougeaut).

Fig. II : Grès à ciment ferrugineux (cailloutis du Fauvet).

Fig. IV : Morceau roulé de calcaire Bathonien (cailloutis de l'Horizon T_3).

Fig. I et III.

Quartzite typique avec Quartz moulés les uns sur les autres par suite d'un nourrissage secondaire important.

Fig. II.

Grès à ciment ferrugineux.

Fig. IV.

- a) Débris de Bryozoaire.
- b) Calcite en grains très fins.
- c) Éclats de Quartz peu abondants.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

La nitrification.

Répartition des pluies en Basse-Normandie.

Vu et approuvé,

Paris, le 25 juillet 1922.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

M. MOLLIARD.

Vu

et permis d'imprimer:

Le Recteur

de l'Académie de Paris,

PAUL APPELL.

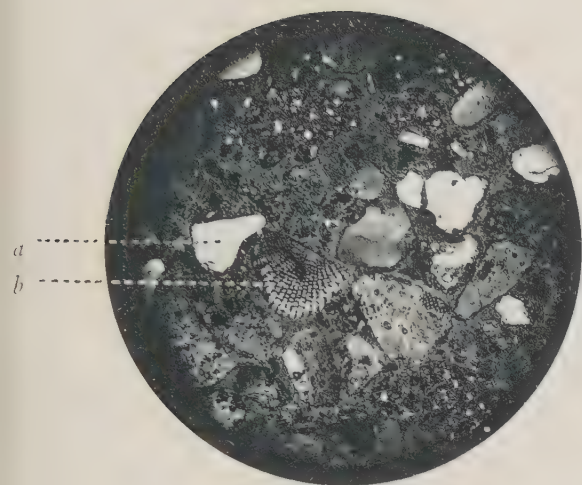


Fig. I

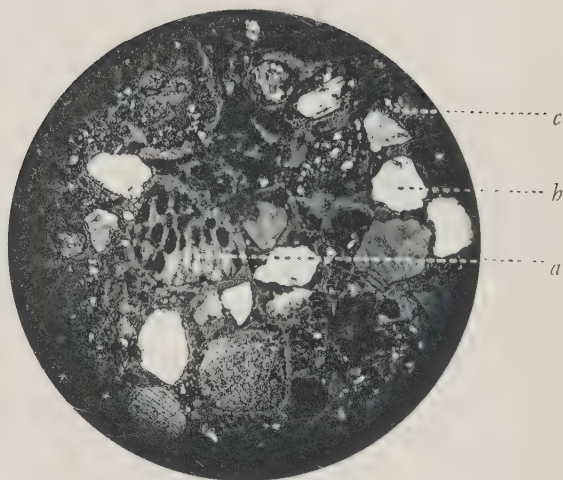


Fig. II

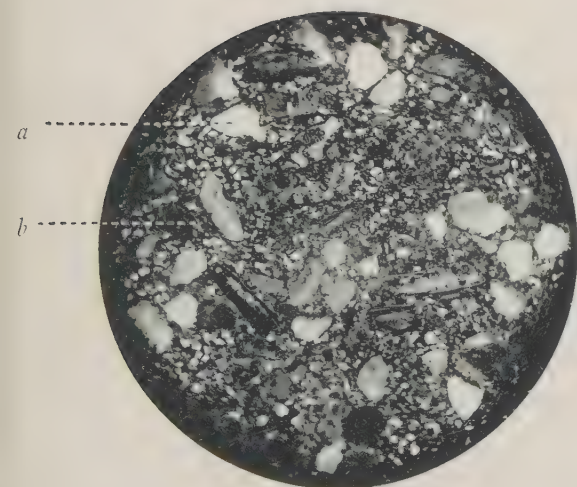


Fig. III

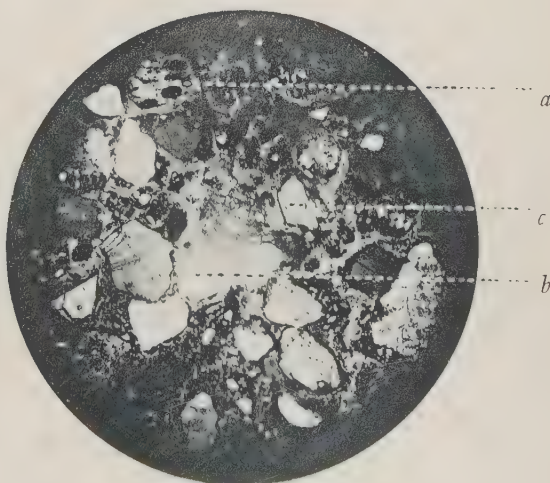


Fig. IV

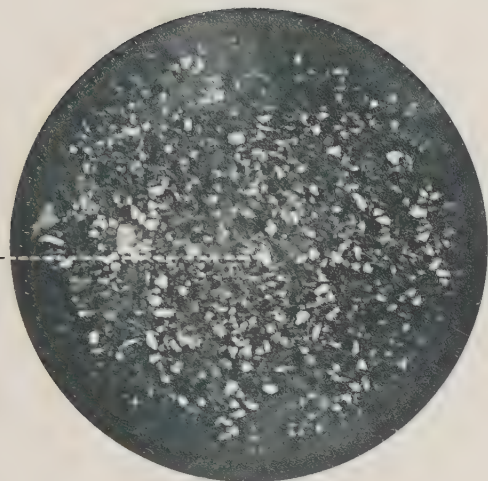


Fig. I

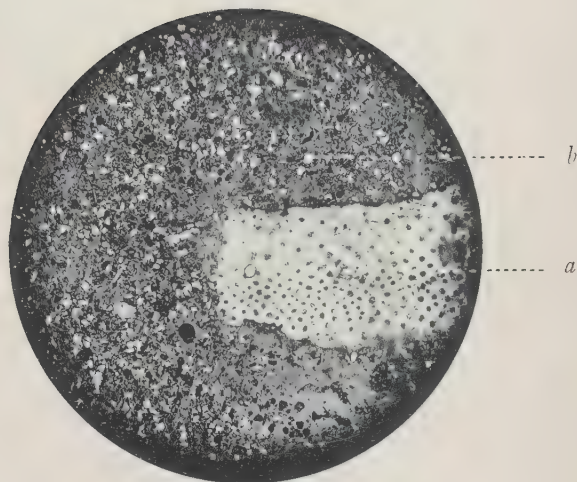


Fig. II

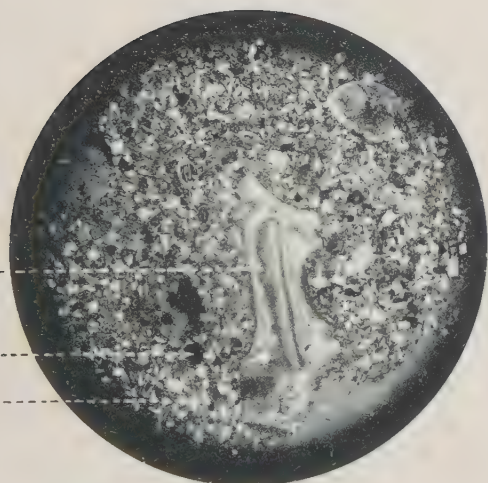


Fig. III

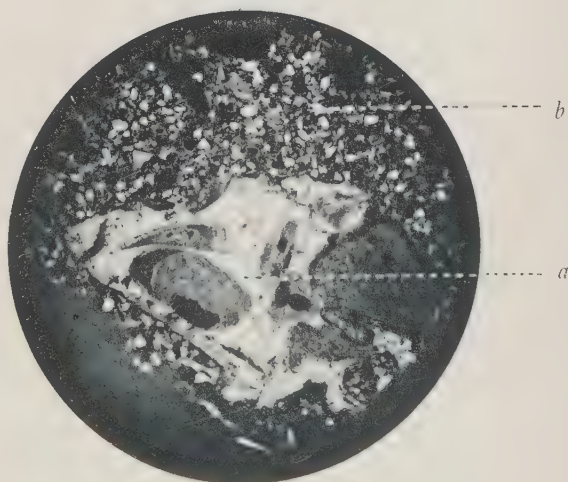


Fig. IV

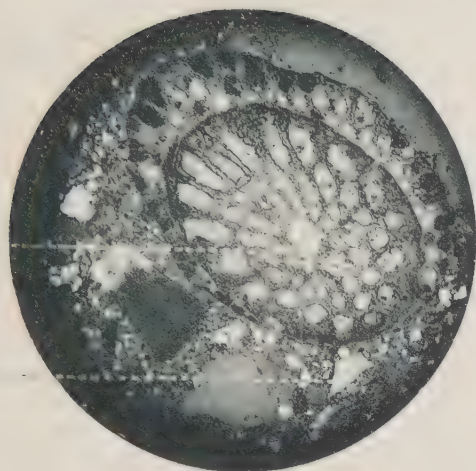


Fig. I

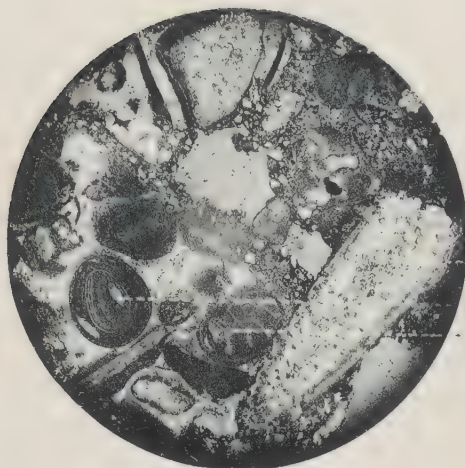


Fig. II

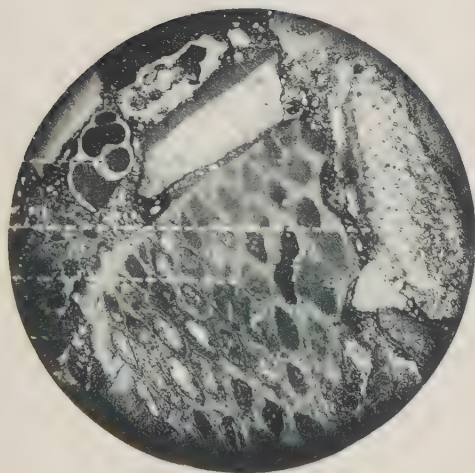


Fig. III

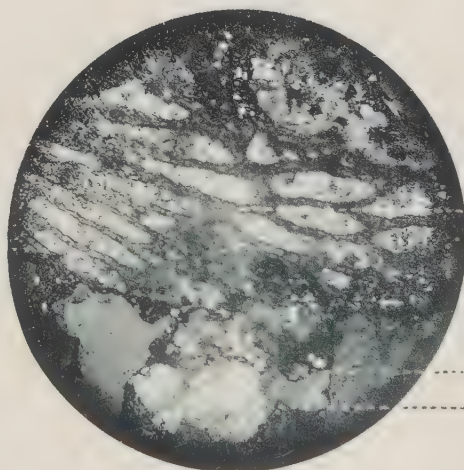


Fig. IV





Fig. I

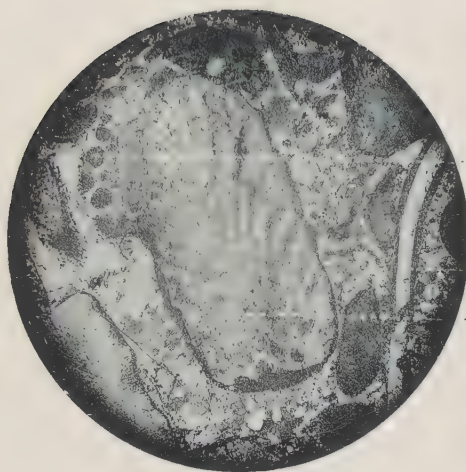


Fig. II

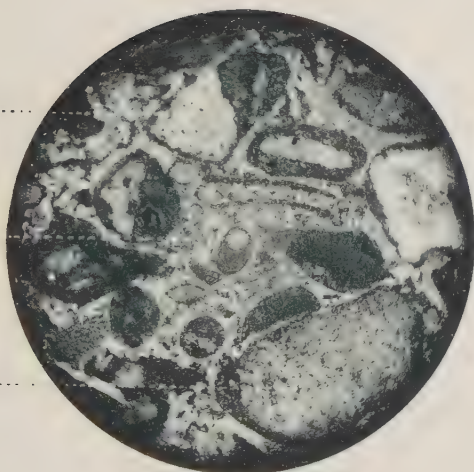


Fig. III



Fig. IV

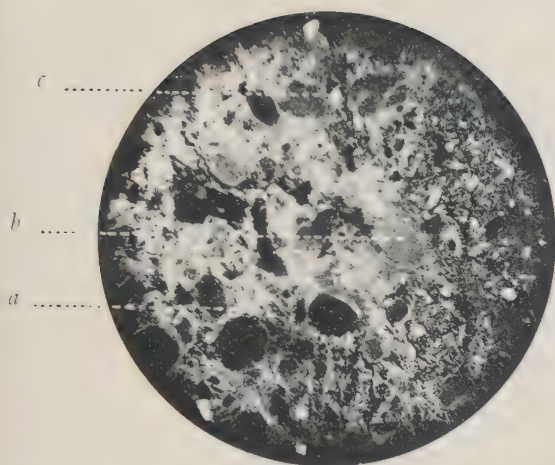


Fig. I

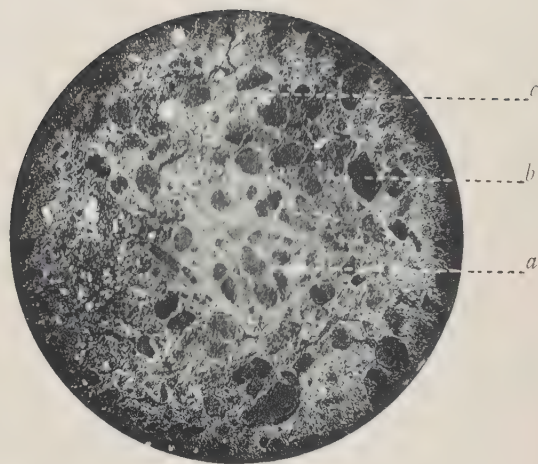


Fig. II

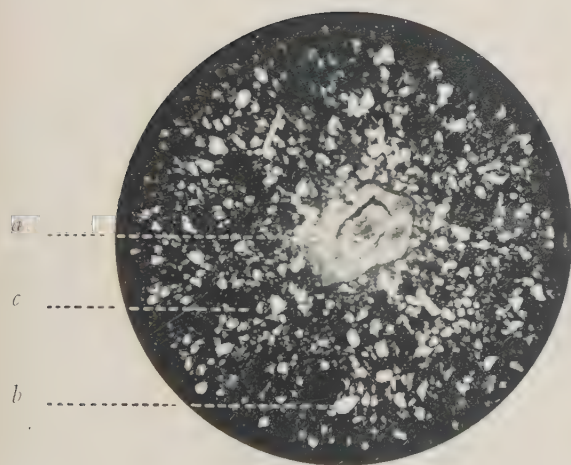


Fig. III

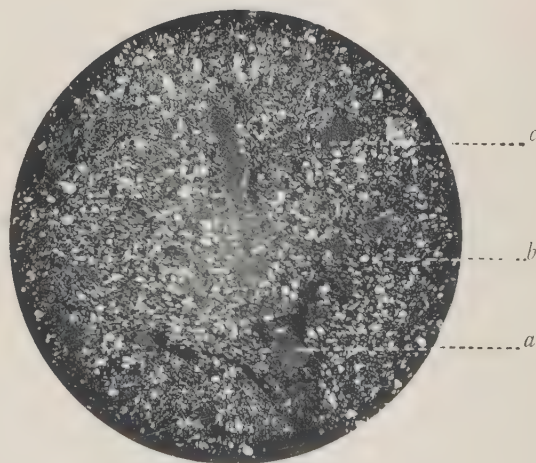


Fig. IV

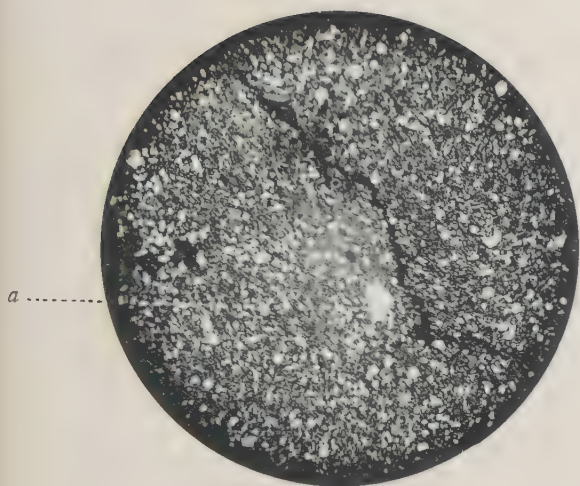


Fig. I

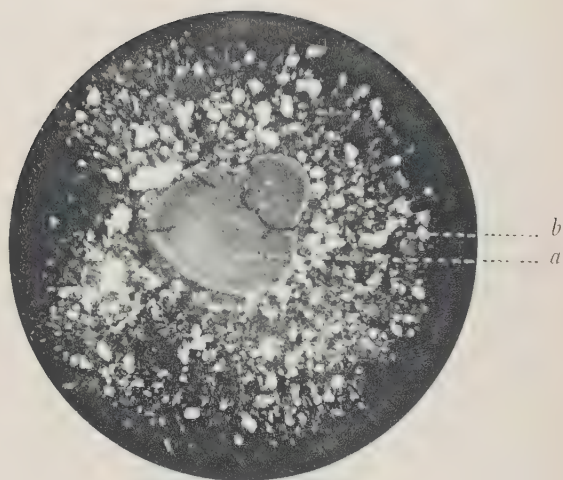


Fig. II

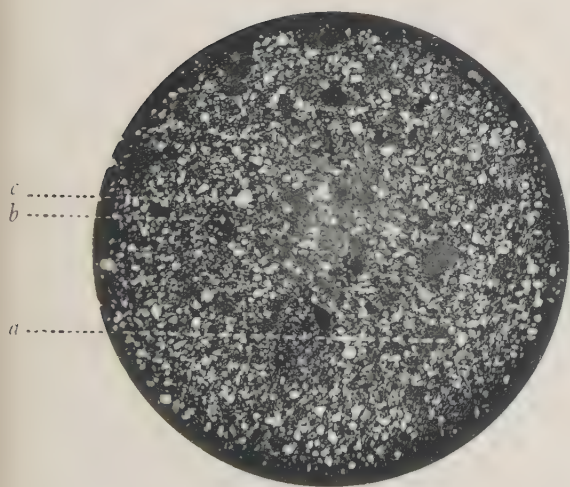


Fig. III

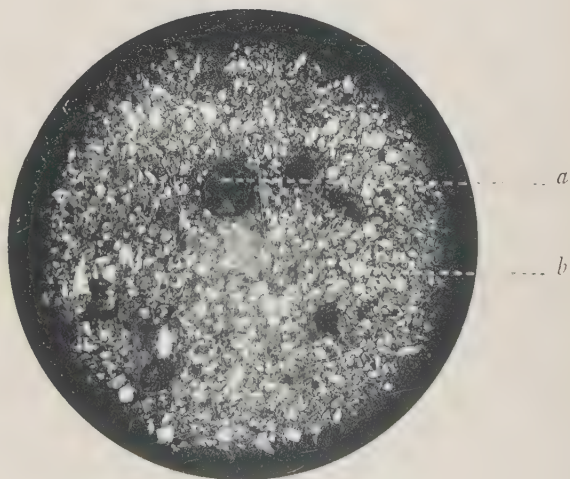


Fig. IV

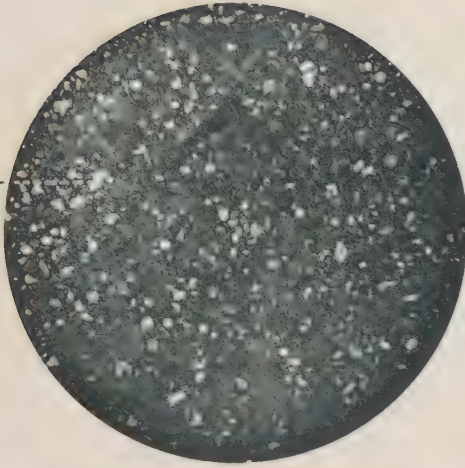


Fig. I

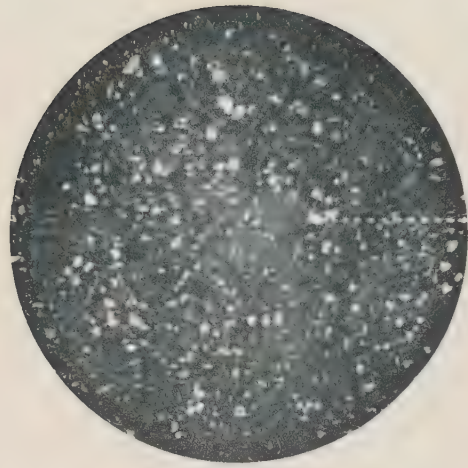


Fig. II

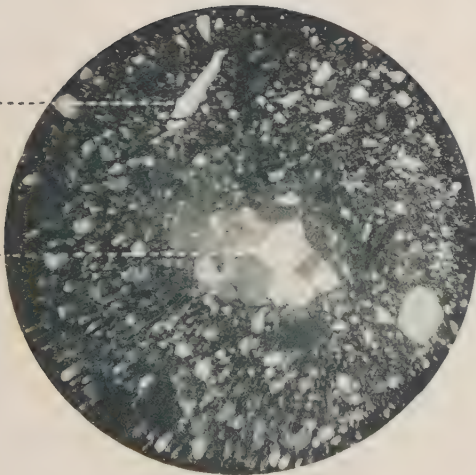


Fig. III

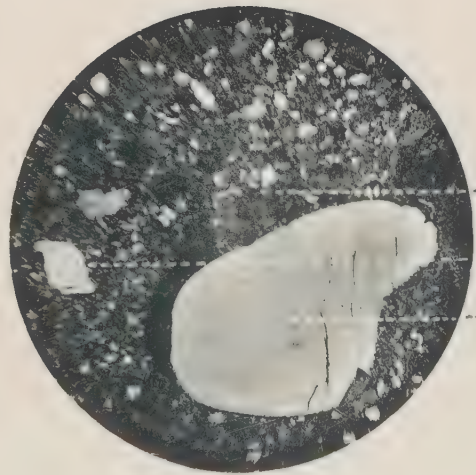


Fig. IV

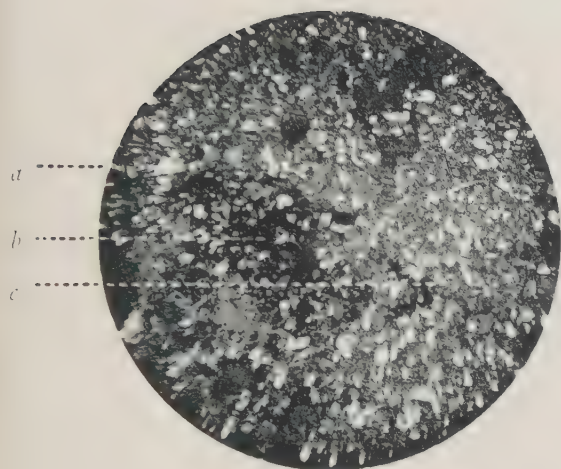


Fig. I

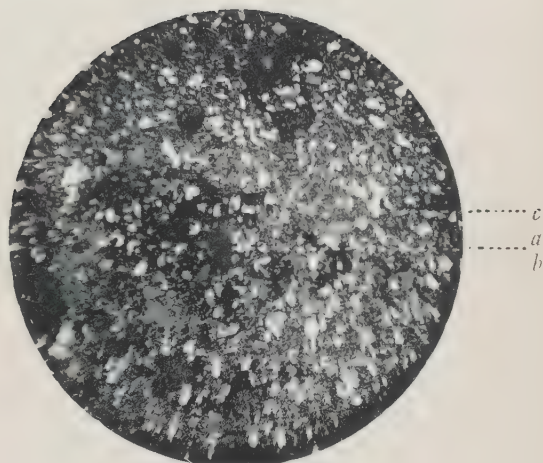


Fig. II

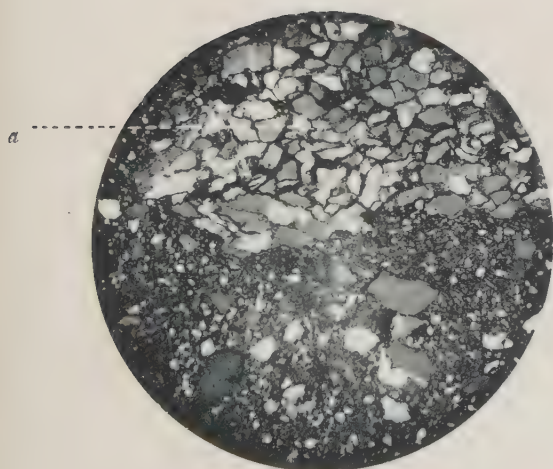


Fig. III

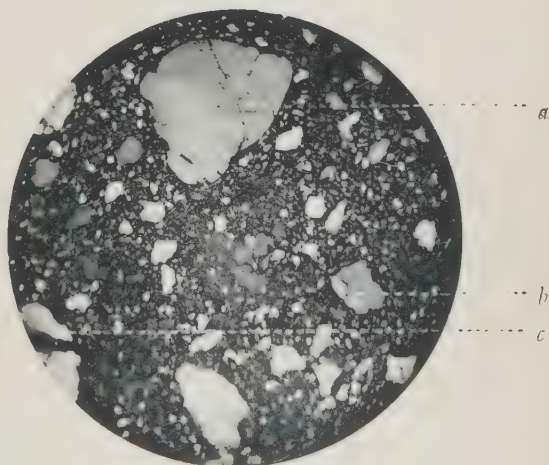


Fig. IV

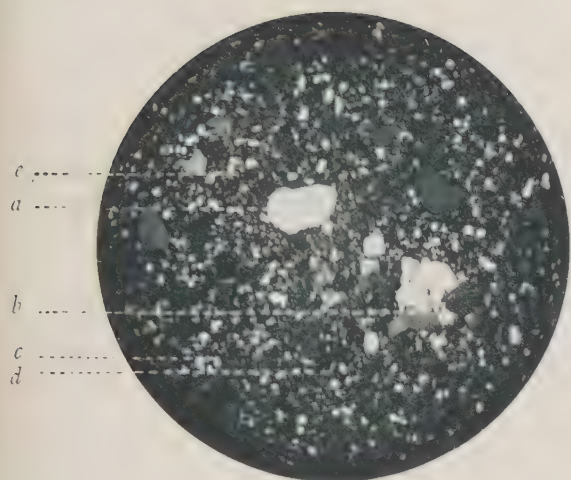


Fig. I

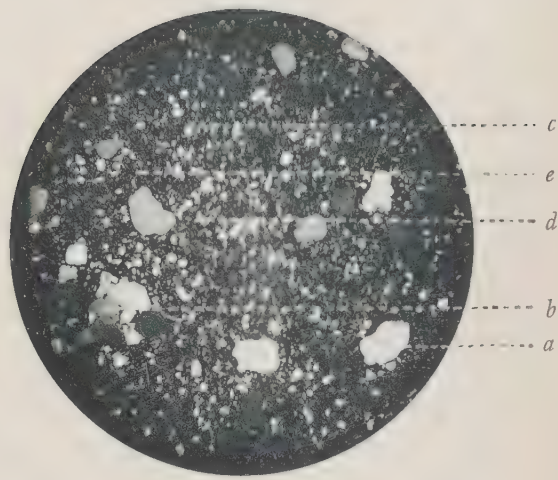


Fig. II

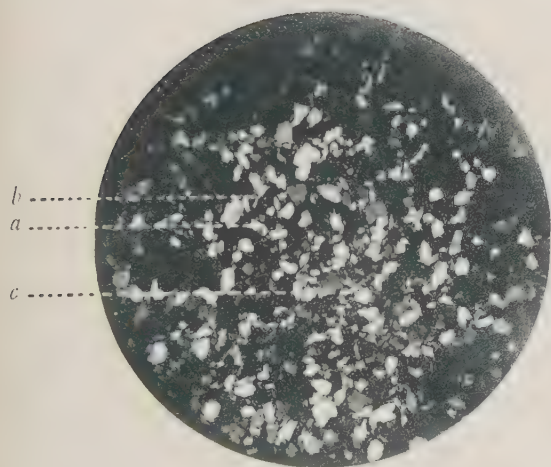


Fig. III

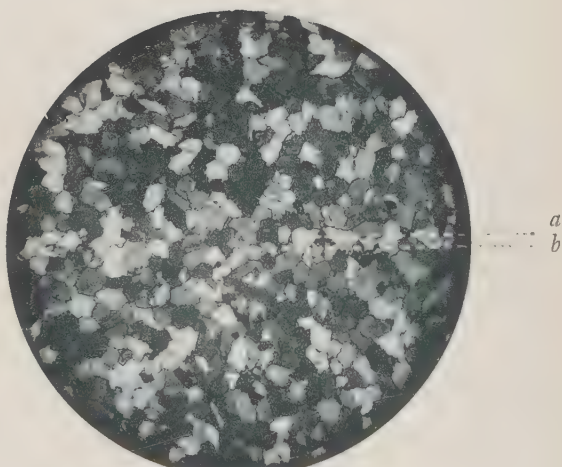


Fig. IV

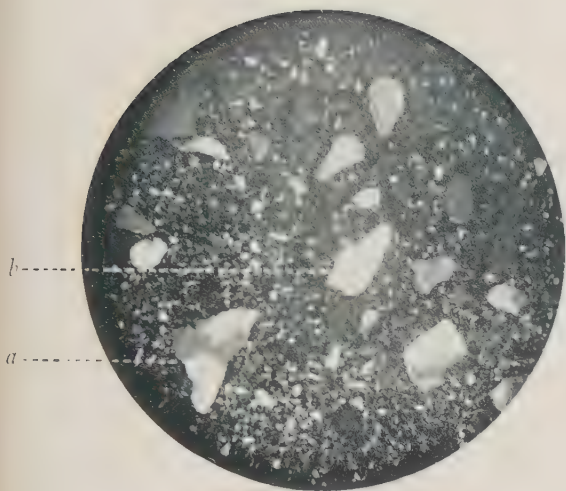


Fig. I

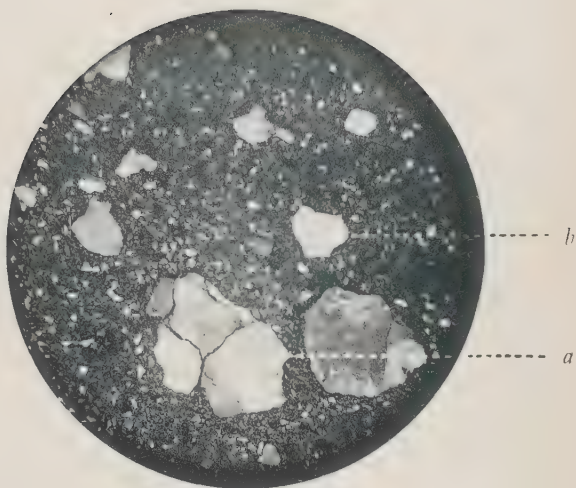


Fig. II

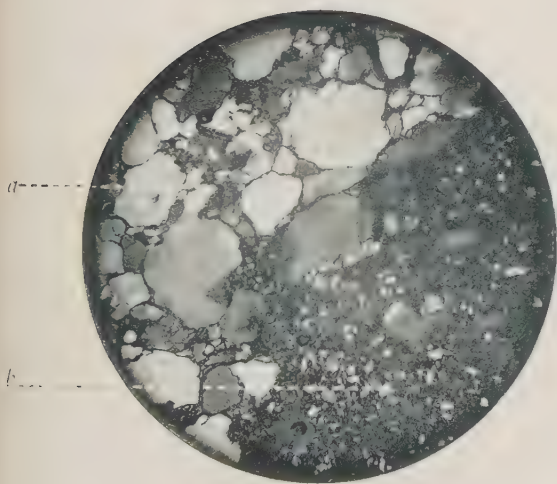


Fig. III

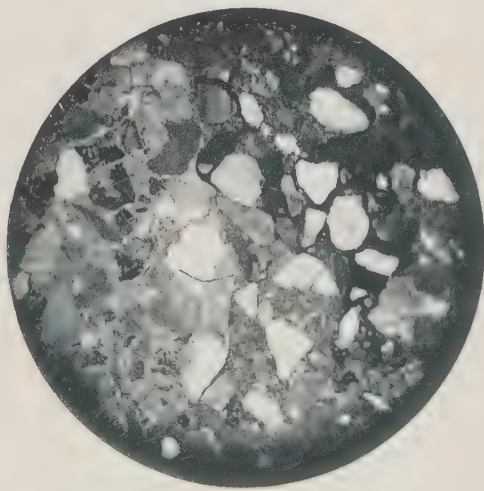


Fig. IV

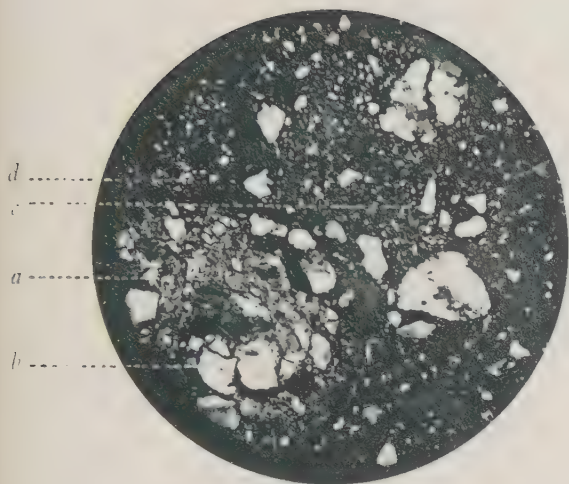


Fig. I

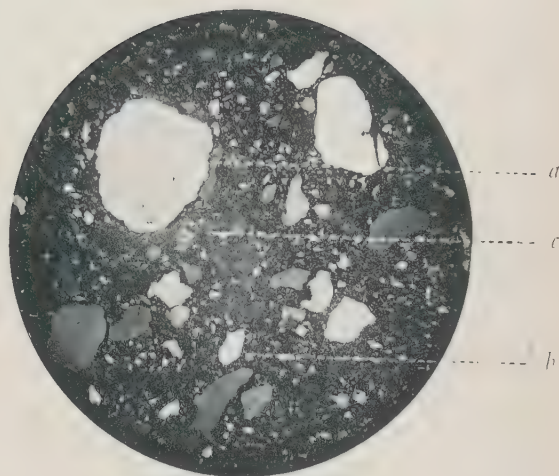


Fig. II

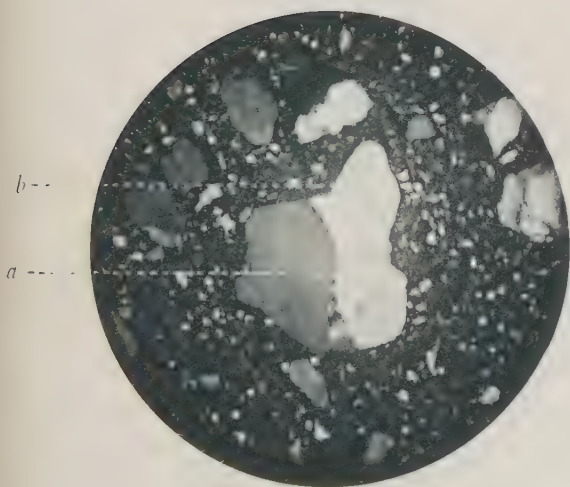


Fig. III

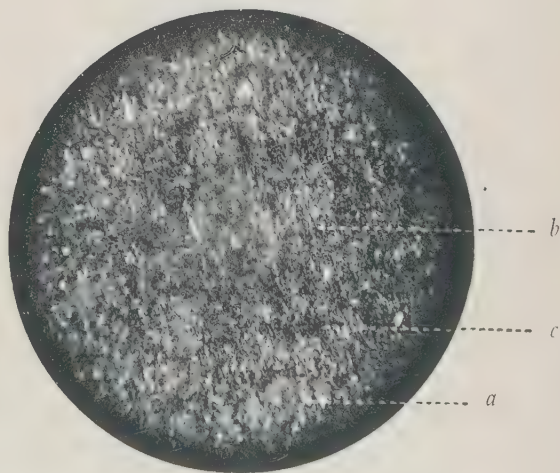


Fig. IV

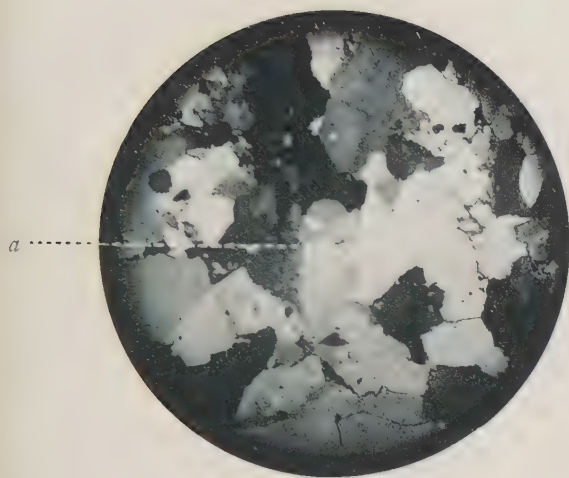


Fig. I

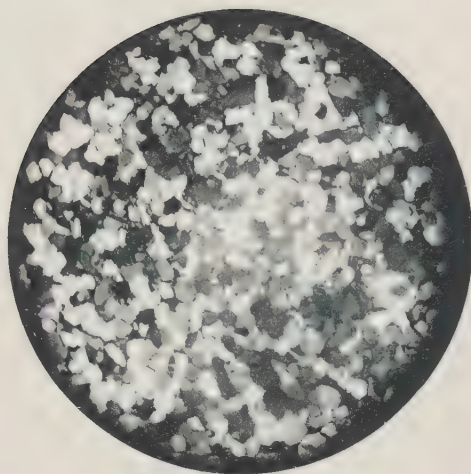


Fig. II

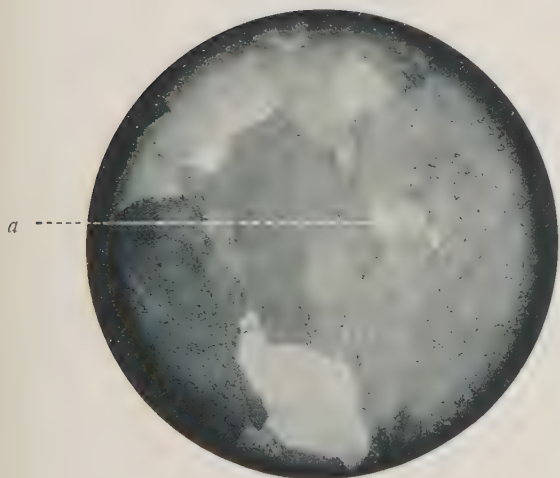


Fig. III

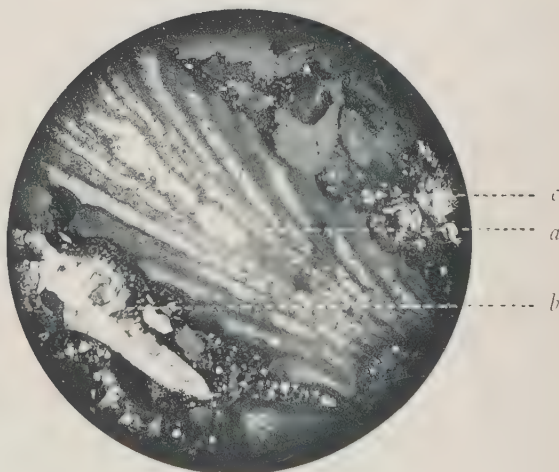


Fig. IV

